

Министерство образования и науки Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

В. А. Бароненко, С. И. Белоусова

**ПРИНЦИПЫ И ФАКТОРЫ ОПТИМИЗАЦИИ
АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ**

Монография

Екатеринбург
УрФУ
2014

УДК 612.017.2:611.81

ББК 28.706

Б83

Рецензенты:

д-р биол. наук, проф. кафедры теоретической и экспериментальной психологии
РГППУ *О. Е. Сурнина*;

д-р биол. наук, проф. кафедры нормальной физиологии УГМУ *В. И. Баньков*

Научный редактор – д-р биол. наук, академик РАН *В. Н. Большаков*

Бароненко, В.А.

Б83 Принципы и факторы оптимизации адаптивных систем : монография /
В. А. Бароненко, С. И. Белоусова. – Екатеринбург : УрФУ, 2014. – 120 с.

ISBN 978-5-321-02356-3

В монографии на основе системного подхода в социальном и биологическом аспектах дается обоснование принципов и факторов оптимизации развития адаптивных систем. Основное содержание книги определяется рассмотрением интегративности как всеобщего принципа оптимизации (диалектического единства максимума и минимума) развития живых систем. Кроме того, впервые предлагается классификация различных форм функциональной интеграции ЦНС. Излагается и обосновывается концепция двигательной активности как эволюционно сложившегося фактора оптимизации жизнедеятельности, обеспечившего формирование наиболее совершенных механизмов адаптации к внешней среде. Завершает монографию оригинальная гипотеза о биосоциальной сущности человека как материального воплощения процесса интеграции биологического и социального в их гармонической функциональности.

Монография ориентирована на запросы студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей вузов и специалистов, интересующихся проблемами оптимизации деятельности разного профиля.

Библиогр.: 78 назв. Рис. 23.

УДК 612.017.2:611.81

ББК 28.706

В оформлении обложки использована картина А. А. Иванова «Ветка», 1850 г. (Государственная Третьяковская галерея, Москва).

ISBN 978-5-321-02356-3

© Уральский федеральный университет, 2014

© Бароненко В. А., Белоусова С. И., 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	8
Глава 1. Принципы оптимизации.....	10
1.1. Что такое «оптимизация» и «оптимальность»?.....	10
1.2. Общие понятия и их истоки.....	10
1.3. Принцип оптимальности в физике.....	11
1.4. Принцип оптимальности в кибернетике.....	11
1.5. Принцип оптимальности в биологии.....	12
1.6. Принцип оптимальности и интегративность.....	16
Глава 2. Интегративность – ключевой принцип оптимизации развития природы и общества.....	18
Глава 3. Принцип интегративности в организации и развитии научного знания.....	22
3.1. Состояние вопроса.....	22
3.2. Место и роль принципа интегративности в эволюции научного познания.....	24
3.2.1. <i>Формы и типы интеграции</i>	24
3.2.2. <i>Общие представления об эволюции структуры науки</i>	27
3.2.3. <i>Основные тенденции в эволюции научного познания и классификации наук (по Б. М. Кедрову)</i>	29
3.2.4. <i>Основные тенденции развития научного познания и классификация наук в настоящем и будущем (по Б. М. Кедрову)</i>	32
Глава 4. Принцип интегративности в организации умственной деятельности (биологический аспект).....	38
4.1. Интеграция в биологии.....	38
4.2. Принцип конвергенции.....	41
4.3. Принцип суммации.....	48
4.4. Принцип доминанты.....	51
4.5. Принцип временной связи.....	58
4.6. Принцип функциональной системы.....	64
Глава 5. Факторы оптимизации.....	84
5.1. Эмоции – интегральный фактор оптимизации поведения.....	84
5.2. Функция эмоций.....	85
5.3. Потребностно-информационная организация интегративной деятельности мозга.....	87
Глава 6. Двигательная активность – ведущий универсальный фактор оптимизации жизнедеятельности и биопрогресса.....	91
Глава 7. Биосоциальная сущность человека и экологии – реализация Вселенского принципа оптимизации живых систем.....	105
Библиографический список.....	112
Приложение.....	117

ПРЕДИСЛОВИЕ

В современную эпоху интеграции всех форм человеческой деятельности, которая носит глобальный характер, в научном сообществе велик интерес к принципам и факторам оптимизации. Это обусловлено тем, что сущность оптимизации, лежащей в основе развития биологического и социального мира, заключается в стремлении получить максимальный положительный адаптивный результат с минимальными энергетическими и пластическими затратами. Оптимальная адаптация живых систем – фундаментальная проблема эволюции.

На основе анализа научной литературы по обсуждаемой проблеме авторами монографии показано, что, согласно современным представлениям, общество (социум) рассматривается как особый, высший уровень организации жизни, а природа – как биологическая система. Следовательно, оба объекта можно отнести к живым системам, обладающим неотъемлемым свойством – адаптивностью, в основе которой заложен механизм саморегуляции.

При этом биологическая и социальная системы рассматриваются во взаимодействии и взаимообусловленности, интегрированные в единую суперсистему – биосферу, на современном этапе эволюции названную В. И. Вернадским ноосферой, т. е. сферой разума.

В монографии излагается в социальном и биологическом аспектах проблема ключевого принципа оптимизации – интегративности, и подробно раскрываются рабочие принципы этого свойства в иерархической последовательности и их взаимодействии.

Основное содержание работы определяется изложением обоснования интегративности как всеобщего принципа оптимизации развития живых систем, дается классификация различных форм интеграции функций высших отделов центральной нервной системы – новой коры больших полушарий головного мозга.

Монография состоит из 7 разделов. В первом разделе раскрываются сущность принципов оптимизации и их проявление на всех этапах социальной эволюции.

Второй раздел посвящен изложению роли ключевого принципа оптимизации – интегративности в организации развития научного знания.

Третий раздел раскрывает принцип интегративности в организации научного знания.

Четвертый раздел содержит обширный материал, отражающий универ-

сальное значение принципа интегративности в организации умственной деятельности на всех уровнях функциональных возможностей новой коры больших полушарий головного мозга с учетом иерархии узловых форм интеграции.

В пятом разделе приводится обоснование значимости эмоций как интегрального фактора оценки адаптивных возможностей индивида и их роли в регуляции поведения.

В шестом разделе излагается и обосновывается концепция о ведущем и универсальном факторе оптимизации адаптации – двигательной активности.

Седьмой раздел монографии завершает оригинальная концепция биосоциальной сущности человека как материального воплощения процесса интеграции биологического и социального в их гармонической функциональности, определившей оптимальные возможности адаптации *Homo sapiens* на современном этапе эволюции.

Монографию В. А. Бароненко и С. И. Белоусовой можно отнести к разряду актуальных и незаурядных теоретико-философских работ, охватывающих биолого-социальные сферы развития научной мысли, в области изучения принципов оптимизации адаптивных систем.

В своих суждениях авторы не ограничиваются рамками какой-либо концепции и подвергают теоретическому осмыслению имеющуюся в научной литературе информацию. На основании этого ими дана оригинальная формулировка принципа интегративности и раскрыта ее ключевая роль в процессе эволюции адаптивных систем, определено правило поведения живых систем в процессе адаптации в зависимости от их исходного состояния и предложена концепция генеза биосоциальной сущности человека.

Системный подход в рассмотрении принципов и факторов оптимизации адаптивных систем позволил авторам представить целостную картину становления более совершенных форм адаптации в их иерархической взаимосвязи и взаимообусловленности.

Необходимо отметить, что работа написана научным языком, доступным для широкого круга читателей, обстоятельно аргументирована. Отличается простотой и ясностью стиля изложения. Считаю, что она с большим интересом и пользой будет прочитана педагогами, аспирантами и студентами разных специальностей.

В заключение отмечу, что монография В. А. Бароненко и С. И. Белоусовой «Принципы и факторы оптимизации адаптивных систем» – богатая по содержанию, убедительная по аргументации, глубокая по различным идеям – заслуживает высокой оценки. Своевременность появления в печати этого научного труда не вызывает сомнений.

Доктор биологических наук, профессор О. Е. Сурнина

INTRODUCTION

In modern times of integration of all forms of human activity, which is global in nature, in the world scientific community there is great interest to the principles and factors of optimization. This is because the essence of optimization of the underlying biological and social development of the world is to try to maximize the positive result with adaptive minimal energy and plastic costs. Optimum adaptation of living systems is a fundamental problem of evolution.

Based on the analysis of the scientific literature on the problem, the authors of the monograph show that according to modern concepts, the company (society) is considered as a special higher level of organization of life and nature - as a biological system. Consequently, both objects can be attributed to living systems, having an inherent property – adaptability, based on self-regulation mechanism laid.

Biological and social systems are considered in the interaction and interdependence integrated into a single super system – biosphere, at the present stage of evolution called by V.I. Vernadsky as noosphere, i. e. the sphere of mind.

The monograph describes the social and biological aspects of the problem of optimizing a key principle – integrity, and sanctified detail the working principles of this property in a hierarchical sequence, and their interaction.

The main content of the work is determined by outlining the integrity as the universal principle of optimization of the development of living systems, and gives a classification of various forms of integration functions of the higher parts of the central nervous system – the neocortex of the cerebral hemispheres.

The book consists of seven chapters. The first section reveals the essence of the principles of optimization and their manifestation at all stages of social evolution.

The second section is devoted to the presentation of a key principle of optimization – integrative organization in the development of scientific knowledge.

The third section covers the principle of integrity in the organization of scientific knowledge.

The fourth section contains a vast amount of material that reflects the universal importance of the principle of integrity in the organization of mental activity at all levels of the new functionality of the cerebral cortex of the brain based on a hierarchy of nodular forms of integration.

The fifth section provides a rationale for the importance of emotions as an integral factor of assessment of adaptive capacity of the individual and their role in the regulation of behavior.

The sixth section presents and substantiates the concept of master and universal factor of adaptation optimization – motor activity.

The seventh section of the monograph concludes biosocial original concept of human essence as the material embodiment of the process of integration of biological and social in their harmonic function, determine optimal adaptation options of Homo sapiens at the present stage of evolution.

The monograph by V. A. Baronenko and S. I. Belousova can be classified as urgent and exceptional theoretical and philosophical works, covering Boyle and social spheres of development of scientific thought in the field of optimization principles of adaptive systems.

In their judgment the authors are not confined to any concept, they conceptualize information existing in the scientific literature.

On this basis, the bottom of the original formulation of the principle of integrity and disclosed its key role in the evolution of adaptive systems generally, defined behavior of living systems in the adaptation process, depending on their initial state and proposed the concept of biosocial nature of the essence of man.

A systematic approach in the consideration of the principles and factors of optimization of adaptive systems have allowed the authors to present a coherent picture of the formation of more advanced forms of adaptation in their hierarchical relationship and interdependence.

It should be noted that the work is written in scientific language, accessible to a wide range of readers, thoroughly argued. It is characterized by simplicity and clarity of writing style. I think that the work will be read with great interest and benefit by teachers and students of different specialties.

In conclusion, I can mention that the monograph by V.A. Baronenko and S.I. Belousova «The principles and factors of optimization of adaptive systems» – rich in content, with convincing arguments, deep on the various ideas and deserves high mark. No doubt that now it is a right time to publish this treatise.

Dr., professor O.E. Surnina

ВВЕДЕНИЕ

Постановка вопроса

«Исследователь должен... вывести у природы четко формулируемые общие принципы, отражающие определенные общие черты огромного множества экспериментально установленных фактов... До тех пор, пока принципы, могущие служить основой для дедукции, не найдены, отдельные опытные факты теоретику бесполезны, ибо он не в состоянии ничего предпринять с отдельными эмпирически установленными общими закономерностями» [66].

В нашу эпоху бурного развития научно-технической революции перед Высшей школой встает вопрос о подготовке специалистов широкого профиля, предусматривающей изучение общих принципов развития общества и природы. Это тем более необходимо сейчас, когда общество переживает все нарастающий процесс интеграции научного знания, наряду с его прогрессирующей дифференциацией.

В настоящее время особенно велик интерес к принципам оптимизации, ее биологическому и социальному аспектам. Поскольку многие принципы, лежащие в основе развития структуры и функции биообъектов, являются всеобщими, совмещение биологического и социального аспектов принципа оптимизации в настоящей работе не случайно.

Согласно представлениям Э. С. Маркаряна [39], человеческое общество следует рассматривать как особый уровень организации жизни, а природу – как биологическую систему, т. е. оба объекта можно отнести к живым системам. Общим инвариантным свойством отмеченных систем автор считает адаптивность. «Мы привыкли связывать понятие «адаптация» с динамикой биологических систем, но в свете современных научных данных стало совершенно очевидно, что человеческое общество следует относить к общему классу адаптивных систем, несмотря на его специфические свойства. И это естественно, ибо адаптация предстает сегодня как фундаментальное свойство всего класса самоорганизующихся систем» [39].

Ключевым принципом оптимизации формирования и развития природы и общества является принцип интегративности. Этот всеобщий принцип рассматривается в пособии в социальном и биологическом аспектах: раскрывается его содержание, иерархия его форм, определяется его роль в организации и развитии научного знания, а также физиологических механизмов самой деятельности человека

(умственной и физической), которые выработаны в процессе длительной биологической эволюции.

Соответственно, материал монографии рассчитан не только на тех, для кого биология стала профессией. Он в равной мере адресован философам, психологам, физикам, математикам, инженерам, заинтересованным в той или иной степени в вопросах оптимизации деятельности человека. Цель настоящего издания – дать читателю возможность приобрести понимание основных принципов функциональной оптимизации в иерархической последовательности, пользуясь приемом индукции и дедукции. Преследуя эту цель, авторы стремились к более широкому охвату материала, не углубляясь в подробности. Для восполнения этого недостатка в тексте приводятся ссылки на оригинальную литературу, которые, как надо полагать, сыграют определенную роль, привлекая читателя к самостоятельному изучению интересующих его вопросов.

В заключение необходимо добавить, что при рассмотрении биологического аспекта функциональной оптимизации деятельности человека были взяты за основу те физиологические закономерности, которые являются общими у нас с животными. Вместе с тем в монографии рассматриваются и социальные аспекты, во взаимодействии и взаимообусловленности интегрированные в единую суперсистему – биосферу, на современном этапе эволюции названную В. И. Вернадским ноосферой или сферой разума [23].

И завершается монография гипотезой о сосуществовании в одной экологической нише четырех разновидностей *Номо* (человека) на современном этапе его эволюции и возможности появления человека единого вида в новом качестве, не свойственном ни одной современной разновидности популяции людей.

1. ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ

1.1. Что такое «оптимизация» и «оптимальность»?

В Большой российской энциклопедии [21] дается следующее определение принципа: «оптимизация (от лат. *optimum* – наилучшее) – процесс нахождения экстремума (глобального максимума или минимума) определенной функции или выбора наилучшего (оптимального) варианта из множества возможных». Отсюда оптимальные процессы – это процессы экстремальные (минимум и максимум). Содержание оптимальных принципов, применяемых в технике, физике, биологии, кибернетике и экономике, подробно изложено Б. П. Асеевым [8], А. И. Бергом [19], Н. Винером [24], Р. Розеном [51], Н. Ращевским [74], Дж. Янгом [67] в соответствующих публикациях, наименования которых приведены в конце монографии. Дальнейшее изложение материала по данной теме будет построено на сведениях, полученных из этих работ.

1.2. Общие понятия и их истоки

«Представление о том, что природа во всех своих проявлениях стремится к экономии, является одним из старейших принципов теоретической науки» [51]. Оно возникло у древних греков и продолжает развиваться до наших дней. Если раньше люди приходили к идее «экономии» и оптимальности стихийно, то в настоящее время эта идея имеет математическое решение.

Принцип оптимальности или экономии количественно очень трудно представить. Однако поскольку первоисточником идей оптимальности является техника, то посмотрим, как она решается здесь. Допустим, необходимо сконструировать мост. Решение этой задачи связано с определенной ценой (в рублях или других денежных единицах). «За оптимальное решение принимается такое или такие, которые удовлетворяют всем поставленным требованиям, т. е. выполняют предписанную задачу в заданных рабочих условиях при минимальной цене» [51]. Выбор решения, которое в данных условиях будет оптимальным, зависит от определения класса конкурирующих решений и от способа установления цены каждого решения. Если дано условие: построить мост из стали определенного сорта, то некоторая конструкция может оказаться оптимальной. Но она тут же утрачивает это качество (оптимальность), если допустить возможность применения более легкого и прочного материала. Итак, «задача опре-

деления оптимального решения сводится, таким образом, к выделению такого решения, которому соответствует минимальная цена».

1.3. Принцип оптимальности в физике

В физике много превосходных примеров задач такого типа. В качестве первого назовем принцип наименьшего времени Ферма. «Это основной принцип геометрической оптики, и он гласит, что луч света, распространяющийся в некоторой оптической среде, ... выбирает из всех возможных траекторий такую, при которой время движения минимально» [51]. И в природе движение светового луча происходит именно по такой траектории. Следующий физический принцип такого же типа – это принцип наименьшего действия Мопертьюи, относящийся к движению механических систем. Вот его общая формулировка: «При реальном движении произвольная механическая система выбирает из всех возможных траекторий при движении, по которым сохраняется энергия, ту траекторию, которая минимизирует определенную механическую величину, называемую действием» [51]. Этот принцип указывает, что оптимальное решение определяется траекторией, на которой минимизируется действие. Третий принцип, самый важный в теоретической физике, – это принцип Гамильтона – принцип наименьшего действия. Он напоминает принцип Мопертьюи. Однако он отличается тем, что в принципе Мопертьюи берутся лишь траектории, которые согласуются с требованиями сохранения энергии. А в принципе Гамильтона рассматриваются траектории, которые возникают при виртуальных перемещениях. При этом фиксируется время перехода, варьируются лишь пространственные координаты системы.

1.4. Принцип оптимальности в кибернетике

Исследование оптимальных процессов в кибернетике является одной из центральных проблем. Сама кибернетика может быть определена как наука об оптимальном управлении в машинах, живых организмах и обществе [19; 24].

«Оптимальное управление предполагает поиски и приведение системы в такое экстремальное состояние, которое соответствует поставленной цели» [8]. Именно в таком смысле понятие оптимальности употребляется в кибернетике и, в частности, в математической теории управления.

Так, В. И. Зубов пишет [30]: «Элемент $P_o \in M$ называется оптимальным элементом множества по отношению к выбранной совокупности функционалов $V_{i,j} \quad i=1, 2, \dots, k$, или просто оптимальным, если среди всех значений $P \in M$ элемент P_o доставляет наименьшее возможное значение функционалу V_o при условии выполнения ограничений».

Конечно, в общем случае соотношение понятий «оптимальный» и «экстремальный» более сложно, и смысл, вкладываемый в них, в различных науках разный, но их сближение, а порой и отождествление в математической, кибернетической и математико-биологической литературе как раз и представляет интерес для нашего исследования.

Теория оптимального управления опирается, прежде всего, на исследование операций – научный метод выработки количественно обоснованных рекомендаций по принятию решений на основе анализа математических моделей, который можно определить как метод оптимальных математических решений. Центральным для теории оптимального управления является вопрос о таком выборе входных сигналов, чтобы переход системы в заданное состояние происходил оптимальным (наилучшим) образом. Типичным примером задач такого рода являются задачи по управлению движением ракет и космических объектов, их перевод на необходимые траектории.

Академик Л. В. Канторович, а затем его ученики и последователи разработали новые методы решения экстремальных задач, которые позже получили название методов линейного программирования, а после дальнейшего развития – математического оптимального программирования.

1.5. Принцип оптимальности в биологии

В последнее время в биологии стали формулироваться оптимальные принципы и использоваться математические оптимальные (экстремальные) методы (дифференциальное и вариационное исчисления). Вариационное исчисление не следует смешивать с вариационной статистикой, получившей широкое применение в биологии.

Оптимизация структуры. Применение математических экстремальных методов в биологии связывается рядом авторов с принципом оптимальной конструкции организма. Этот принцип впервые сформулировал *N. Rashevsky* в следующей форме: «Для ряда заданных биологических функций заданной интенсивности организм имеет оптимально возможную конструкцию по отношению и экономии ис-

пользуемого материала и расходуемой энергии, необходимых для выполнения заданных функций» [74; 75].

В связи с этим необходимо внести пояснения в представления об оптимальности и экстремальности. Обычно понятия оптимальности и экстремальности используются в биологии как противоположные. Так, об экстремальных состояниях говорят как об аномальных, выходящих за пределы адаптивной нормы (переохлаждение, перегрев, перевозбуждение и т. д.). Оптимальные же состояния понимают как состояния наиболее благоприятные, соответствующие адаптивной норме.

В математической теории управления наиболее благоприятное и означает максимально благоприятное, максимально соответствующее адаптивной норме. Следовательно, как считает В. А. Асеев [8], теоретически противопоставление оптимальных и экстремальных состояний не оправдано. В точном соответствии со своим значением понятие экстремума объединяет оба крайних состояния: и аномальное, и оптимальное. В качестве примера мы можем привести следующее. Известно, что некомпенсированные отдыхом, систематически повторяющиеся отрицательные эмоции приводят к патологии (неврозы, гипертония, инфаркт миокарда и т. д.). Вместе с тем, отсутствие отрицательных эмоций, в особенности в период онтогенеза человека, приводит к формированию безынициативной личности. В связи с этим следует согласиться с мнением В. А. Авсеева, считающего, что экстремальное состояния предполагает диалектическое единство аномального и оптимального. *N. Rashevsky* [74], используя экстремальные методы, с высокой степенью точности подтвердил сам принцип оптимальной конструкции организма при расчете строения кровеносной системы организма высокоорганизованных животных и человека, длины и толщины туловища, структуры ног животных и т. д.

Оптимальность функции. Разрабатывая далее метод вариационного вычисления в биологии, Р. Розен уточняет и обобщает принцип оптимальной конструкции, распространяя его и на функции. Заслугой автора является то, что он рассматривает принципы оптимизации функции организма (и его структуры), имея в виду взаимодействие последнего с окружающей средой и считая ее (среду) решающим фактором в этом процессе. «Организмы, обладающие биологической структурой, оптимальной в отношении естественного отбора, оптимальны так и в том смысле, что они минимизируют некоторую оце-

ночную функцию, определяемую исходя из основных характеристик окружающей среды» [51].

Однако, как отмечает Р. Розен, основная трудность применения принципа оптимальной конструкции и основанного на нем вариационного исчисления состоит в выборе соответствующей оценочной функции. Для решения этой задачи в биологии, как и в физике, различным системам дается «цена», которая должна быть выражена в общих для всех организмов единицах измерения. Для количественной характеристики оптимальности в биологии Р. Розен ввел две категории «цены»: внутреннюю и внешнюю. Внутренняя – метаболическая – «цена» соответствует количеству энергии, расходуемой организмом на образование и поддержание рассматриваемого элемента структуры (системы). В. А. Асеев ее называет физической. Внешняя «цена» связана с давлением биологического отбора. Она находит свое отражение в относительной плодовитости организмов, обладающих данным органом, по сравнению с другими организмами, отличающимися от рассматриваемых только строением этого органа. В. А. Асеев называет ее биологической. Полная «цена» данной структуры (системы) является, по мнению Р. Розена, алгебраической суммой внутренних (физических) и внешних (биологических) «цен», умноженных на множители, подобранные соответствующим образом для приведения их, если это требуется, к одинаковым размерностям.

Если полную «цену» обозначить через E , а внутреннюю и внешнюю «цену», соответственно J и E , тогда $E = J + E$ и являются оценочными функциями, т. е. каждая из них приписывает всякому элементу множества возможных форм строения организмов определенное число, соответствующее некоторому определенному органу или процессу жизнедеятельности. Для каждого типа органа существует экстремальное числовое значение E_0 (называемое границей или порогом), такое, что если полная «цена» какого-либо органа перейдет эту границу, то организм становится нежизнеспособным.

Плодотворным оказалось применение экстремальных принципов и принципа оптимальности для изучения механизмов гомеостаза в биологии (механизма сохранения постоянства внутренней среды организма относительно устойчивого и, следовательно, экстремального по значению оценочного функционала состояния – при наличии случайных колебаний во внешней среде).

Как указывает В. А. Асеев [8], другой областью плодотворного применения экстремальных принципов и принципа оптимальности в

функционировании биологических систем оказалось изучение так называемых адаптивных систем.

Адаптивное понимание системы означает, что если исходное состояние системы не является предпочтительным, то оно будет далее вести себя таким образом, что в конце концов достигнет одного из предпочтительных состояний. Примером может служить «адаптивное поведение» нейронов сенсомоторной коры животных в зависимости от их исходного состояния, которое было обнаружено В. А. Бароненко с соавторами [17] в экспериментах с физической нагрузкой. Оказалось, что в исследуемой популяции нервных клеток сенсомоторной коры белых крыс в исходном состоянии обнаруживались три группы нейронов: с повышенной, сниженной и средней частотой импульсной активности. В период физической нагрузки произошло усреднение частоты импульсов нейронов всей исследуемой популяции нервных клеток: путем снижения – у первой группы, повышения – у второй и стабильности – третьей (рис. 1). По-видимому, среднестатистический уровень импульсной активности всей популяции нейронов был оптимальным для исследуемой группы клеток, и его, с позиций В. А. Асеева, можно рассматривать как «предпочтительное состояние», к которому стремится система в процессе адаптации (в данном случае – к физической нагрузке).

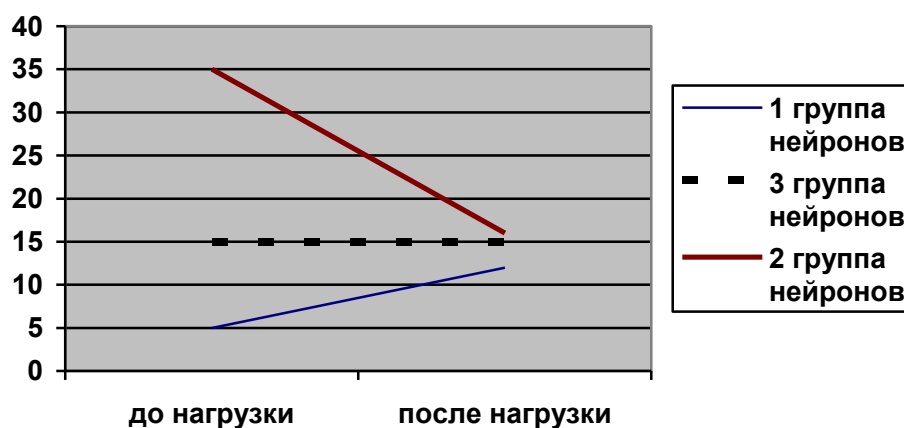


Рис 1. Зависимость импульсной активности от исходного состояния нейронов сенсомоторной коры белых крыс в условиях физической нагрузки.

По оси абсцисс – время замеров; по оси ординат – имп./с

Подобные зависимости функционального состояния системы от ее исходного уровня в процессе адаптации организма (человека) к физической или умственной нагрузке наблюдали В. А. Бароненко с соавторами [17], регистрируя показатели элементарных психических

(внимание, память, осознанная оценка времени и т. п.) и вегетативных (системное артериальное давление, сердечный ритм и т. п.) функций.

К примерам адаптивного поведения может быть отнесено также эмоциональное поведение животных и человека. В развиваемой П. В. Симоновым [55] теории эмоции рассматриваются в качестве специального нервного механизма, компенсирующего недостаток сведений, необходимых для организации приспособительных действий. П. В. Симонов и его сотрудники экспериментально установили количественную зависимость степени эмоционального напряжения от силы потребности и вероятности ее удовлетворения. При этом отчетливо прослеживается такая функциональная зависимость:

$$\mathcal{E} = f [\Pi / I_n - I_c / \dots],$$

где \mathcal{E} – степень эмоционального напряжения; Π – степень потребности; I_n – необходимая, I_c – существующая прагматическая информация.

В книге В. А. Асеева «Экстремальные принципы в естествознании и их философское содержание» подробно излагаются экстремальные формы описания эволюции в неорганической и органической природе.

Далее автор возлагает большие надежды на перспективы более широкого применения экстремальных принципов в биологии.

«Применение экстремальных принципов в биологии, экономике и других кибернетических системах показывает, что в этих системах, как и физических, имеет место не только минимизация определенных параметров системы, но и противоположный ей процесс максимизации. Что же касается второстепенных характеристик системы, то они же имеют тенденцию к достижению или минимума, или максимума своего значения, но эти тенденции подчинены тенденции изменения системы в сторону экстремума по определяющим характеристикам, т. е. имеет место своего рода диалектика тенденций к минимумам и максимумам по определяющим и второстепенным характеристикам» [8].

1.6. Принцип оптимальности и интегративность

Итак, рассматривая принцип оптимизации с позиций его генетической связи с физикой и математикой, мы невольно приходим к представлению об экстремальном принципе, диапазон распространения которого носит глобальный характер. Представляя собой диалек-

тическое единство двух противоположных тенденций: минимума и максимума, он отражает оптимизацию (простоту и целесообразность – экономию) процессов взаимосвязи и развития природы в целом. Следовательно, экстремальный принцип отражает интегративность, т. е. взаимосвязь, дающую новое качество.

Как считает В. А. Асеев [8], интегративная роль экстремального принципа оптимальности заключается в том, что он позволяет выразить закономерное единство мира через раскрытие единства его закономерностей. Отсюда следует, что интегративность является ключевым принципом оптимизации процессов развития природы и общества. Итак, интеграция взаимодействующих процессов природы и общества неизбежно ведет к минимизации взаимодействующих множеств и максимизации вновь возникшего качества, т. е. это процесс нахождения экстремума, представляющего собой диалектическое единство максимума и минимума. Следовательно, принцип интегративности – это ключевой принцип оптимизации, который может быть описан математически.

2. ИНТЕГРАТИВНОСТЬ – КЛЮЧЕВОЙ ПРИНЦИП ОПТИМИЗАЦИИ РАЗВИТИЯ ПРИРОДЫ И ОБЩЕСТВА

Понятие «интеграция» (от лат. *integrer* – целый) означает объединение в целом каких-либо частей и употребляется для характеристики процессов взаимосвязи ранее автономных элементов в тех или иных совокупностях. Как указывалось выше, интегративность рассматривается нами как ключевой принцип оптимизации процессов развития природы в целом. Однако в настоящее время многими исследователями (В. А. Асеев [8]; Е. В. Бабосов [10]; И. М. Депенчук [51]; Б. М. Кедров [33]; Э. С. Маркарьян [39]; А. Д. Урсул [60] и др.) установлено, что интегративность, в вышеозначенном смысле, касается в равной степени и процессов развития науки как специфического вида деятельности человека.

Чем детерминированы интегративные процессы в науке? Для объяснения генеза интегративности в науке существует несколько точек зрения. Одни ученые считают, что интегративность познавательной деятельности определяется свойствами объекта познания. Интегративные тенденции возникают под влиянием объективно существующих связей в природе. Сознание лишь отражает (усваивает) эти связи объективного мира. Согласно другой точке зрения, интегративность науки в значительной степени детерминирована социально-деятельностными факторами, потребностями общества, социальной обусловленностью процесса. Высказываются мнения о двойной детерминации и научного познания вообще, и интеграционных процессов в науке в частности – одновременно объектом познания и социально детерминированных факторов.

Однако большинство ученых (А. Турсунов [59]; В. С. Готт [27]; Б. М. Кедров [33]; А. Д. Урсул [60] и др.) отстаивают точку зрения о диалектическом сочетании социально-деятельностных факторов и отражения взаимосвязей объекта, лежащих в основе генезиса интеграционных процессов научного знания. «Мы считаем целесообразным при рассмотрении проблем развития познавательной деятельности соединять эти два аспекта, т. е. отражательный и деятельностный, рассматривая отражение как деятельность и делая акцент на отрицательных ее характеристиках» [60].

К числу таких определяющих интеграцию знания онтологических факторов российские ученые относят прежде всего всеобщую

связь явлений и материальное единство мира, существующие независимо от человеческого сознания и деятельности.

Ф. Энгельс так определяет это: «Вся доступная нам природа образует некую систему, некую совокупную связь тел, причем мы понимаем здесь под словом тело все материальные реальности... В том обстоятельстве, что эти тела находятся во взаимной связи, уже заключено то, что они взаимодействуют друг на друга, и это их взаимное действие друг на друга и есть именно движение» [40]. Здесь Ф. Энгельс, раскрывая объективную существующую интегративность, подчеркивает: она выражается в том, что взаимодействие, взаимосвязь тел объективного мира, дает новое качество (специфическое движение), несвойственное ни одному из взаимодействующих объектов (тел) в отдельности (отличное).

Любая форма материи, открываемая наукой, обладает многообразием свойств, которые и составляют ее сущность. В свою очередь сущность предметов и явлений проявляется во взаимоотношениях, взаимодействиях предметов.

И далее, как пишет В. С. Готт: «Материальные объекты, вступая в разнообразные взаимодействия, проявляют все новые и новые свои свойства. Поскольку число взаимодействующих объектов – величина, стремящаяся к бесконечности, ...то свойства всех вместе объектов окружающего мира и каждого в отдельности неисчерпаемы» [27]. Иначе говоря, в принципе интегративности заложена креаторная (творческая) функция.

В. С. Готт обратил внимание на то, что достижения современной физики в изучении микромира расширили представления о материальном единстве мира. По этому поводу известный физик-теоретик Р. Фейнман писал: «...Как это ни удивительно, вся материя одинакова. Известно, что материя, из которой созданы звезды, такая же, как и материя, из которой сделана Земля. Характер света, испускаемого звездами, дает нам, так сказать, «отпечатки пальцев», по которым можно решить, что там атомы того же типа, что и на Земле. Оказывается, и живая, и неживая природа образуется из атомов одинакового типа. Лягушки сделаны из того же материала, что и камни, но только материал этот по-разному использован. Все это упрощает нашу задачу. У нас есть атомы – и ничего больше, а атомы однотипны, и однотипны повсюду» [76].

Наличие взаимосвязей и единства объекта познания (природы, общества) вызывает интегративные явления в сознании. «Мир – есть

закономерное движение материи, и наше сознание, будучи высшим продуктом природы, в состоянии только отражать эту закономерность» (В. И. Ленин).

Поскольку принцип интегральности заложен в самой природе вещей, наше сознание, отражая их, вскрывает устойчивые, глубинные связи объективного мира, сущность явлений и предметов. Следовательно, интегративные процессы прежде всего отражаются на результатах познавательной деятельности в виде открытия законов природы, общества.

Вместе с тем интегративные тенденции отражаются также на методах, целях и операциях научной деятельности и таким образом вторично выполняют функцию единения научного знания, что неизбежно приводит к усилению интегративных процессов в науке, к бурному росту общенаучных форм, средств и тенденций познания.

На это обратил внимание А. Д. Урсул, подчеркивая, что «...интегративные тенденции под влиянием объективно существующих связей отражаются не только на результатах познавательной деятельности, но и на ее методах, определяющихся предметом исследования, на целях и операциях научной деятельности» [60].

Результат познавательной деятельности в форме знания в той или иной степени отражает объективные связи. Компоненты познавательной деятельности (методы, цели и т. п.) отображают это опосредованно.

По мнению А. Д. Урсула, главная «интегративная волна» обнаруживается «в том виде синтеза знания, который, следуя Б. М. Кедрову, можно назвать синтезом через философию» [60], диалектическую философию. Диалектика выполняет наиболее общие интегративные функции не только в процессе познания. «Она может быть представлена как определенный вид деятельности, взаимосвязанный с другими видами деятельности в науке и за ее пределами, прежде всего, в области партийного руководства и социального управления, политической, идеологической, педагогической и организационной работы и т. д.» [60].

Исходя из вышеизложенного, интегративность можно назвать ключевым принципом оптимизации развития природы и общества. Интегративность – это имманентное стремление к внутреннему единству, достигаемое путем взаимодействия тел объективного мира, дающее новое качество (специфическое движение), несвойственное ни одному из взаимодействующих объектов в отдельности. Через ин-

тегративность проявляется сущность взаимодействующих объектов. Принцип интегративности выполняет «творческую» функцию, «поскольку число взаимодействующих объектов – величина, стремящаяся к бесконечности». Интегративность в процессах развития научного знания детерминирована отражательным и социально-деятельностным факторами.

3. ПРИНЦИП ИНТЕГРАТИВНОСТИ В ОРГАНИЗАЦИИ И РАЗВИТИИ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ

3.1. Состояние вопроса

Когда речь идет об умственной деятельности человека, всегда следует разграничивать два аспекта – социальный и биологический (физиологический). Умственная деятельность (или умственный труд) в самом общем плане, с точки зрения биолога, – это высшая форма взаимодействия человека с окружающей его биологической и социальной средой. Как и любая форма взаимодействия организма со средой, эта высшая форма действия преследует достижение жизненно важного для особи и популяции конечного полезного результата. Рассматривая умственную деятельность (труд) с этих позиций, можно считать, что это такая форма взаимодействия организма (человека) со средой, в которой в идеале гармонически сочетаются биологическая и социальная польза, т. е. это наиболее совершенная адекватная форма взаимодействия человека с окружающей его биологической и социальной средой.

Высшим проявлением умственной деятельности (труда) следует считать науку, если положить в основу деятельностный принцип. С этих позиций, наука – это специфический вид деятельности, который вбирает в себя все высшие достижения человеческой деятельности. «Представление науки как специфического вида человеческой деятельности, выделившегося на определенном этапе исторического прогресса для повышения эффективности общественного производства и других сфер деятельности людей, позволяет синтезировать в единое целое все другие образы науки» [60]. Таков социальный аспект понимания высших форм человеческой деятельности (в «образе науки»), которому мы посвятим нижеследующее изложение.

Биологический (физиологический) аспект этой проблемы будет изложен отдельно, в следующем разделе монографии.

Что характерно для современной науки?

Во многих публикациях фигурирует тезис: переживаемое нами время представляет собой эпоху научно-технической революции (НТР). В Большой Советской Энциклопедии НТР определяется как «коренное, качественное преобразование производительных сил на основе превращения науки в ведущий фактор развития общественного производства» [21]. Начало ее относится к середине XX века.

Особенностью современной науки в эпоху НТР, по мнению Э. А. Фейнберга [61], является ее особое отношение к общественному производству и возрастание интеграции наук наряду с их дифференциацией. Возникает вопрос: «Что же характерно для науки XX в. – дифференциация или интеграция? То и другое. Называть XIX век веком дифференциации знаний, а XX век – веком интеграции, как это делает ряд ученых, неверно. Дифференциация наук в XX веке идет все возрастающим темпом. Соответственно, увеличивается и их интеграция. Почему?» Ответ, как пишет Е. А. Фейнберг, арифметически прост: «Если некогда единая наука дробится на N наук (например, физика + химия + биология или потом одна физика, разделившаяся на механику, оптику, электричество, магнетизм, акустику и термодинамику), то возможное число парных сочетаний разных качеств (каждое из которых изучается своей наукой), присущих природному или техническому объекту, возрастает в $N / N - 1/2$ раза, число тройных сочетаний качеств в $N(N - 1)(N - 2) - 6$ раз и т. д., т. е. гораздо быстрее, чем N . Таким образом, возвращаясь к реальному объекту после развития исследований каждого абстрагированного качества, мы получаем огромное число сочетаний совершенно разных наук. Естественный процесс такого синтезирования достижений разных наук является поэтому неизбежной мерой, компенсирующей необходимую специализацию, необходимое дробление наук» [60].

Итак, по Е. Л. Фейнбергу, в XX веке дифференциация и интеграция наук существуют равноправно, различен лишь масштаб этих процессов. На вопрос: «Что же тогда можно считать революцией?», Е. А. Фейнберг отвечает: «Все развитие науки состоит из непрерывно следующих друг за другом революций, когда революционные взрывы наползают друг на друга, сливаясь в сплошную их последовательность, с отдельными значительными флуктуациями на этом фоне. Так вспыхивает язык пламени жаркого костра, когда огонь доберется до очередной сухой смолистой ветки» [61].

Существует и другое мнение, согласно которому сейчас во всех сферах человеческой деятельности происходят процессы интеграции (А. Турсунов [59]; Б. М. Кедров [33]; Э. С. Маркарян [39]; А. Д. Урсул [60] и др.). Понятие интеграции становится знаменем нашей эпохи. В наше время «это понятие играет роль ключевого принципа». «Интеграция – феномен всеобщий и универсальный», а интеграция наук – лишь частное проявление этой общей закономерности, присущей развитию природных и социальных факторов. В на-

стоящее время «экспоненциальный рост знаний, приводящий к своеобразному информационному взрыву в науке» (Н. П. Допенчук [29]), а также потребности преодоления разобщения научных коммуникаций, связанного с узкой специализацией знаний, обусловили выдвижение интегративных процессов на первый план научно-исследовательского поиска.

Характерной чертой развития научного знания нашей эпохи является ее стремление к внутреннему единству, тенденция к методологической и проблемной интеграции, «а через нее и к концептуальному синтезу». Сформировался новый стиль научного мышления. Он выражается в новых подходах к объекту познания, в новых принципах теоретического постижения предмета исследования, в новых формах внедрения в практику полученного знания. Этот стиль получил название интегративного. Благодаря интеграции знаний бурное развитие НТР во второй половине XX века изменило традиционный образ науки: она превратилась в мощный фактор развития индустриального общества. «Ныне мы являемся свидетелями формирования и бурного развития Большой науки с ее громадным научно-техническим персоналом, мощной индустриальной базой, особым общественно-политическим статусом и все возрастающей потребностью к междисциплинарной коммуникации и международной кооперации» [59].

3.2 Место и роль принципа интегративности в эволюции научного познания

3.2.1. Формы и типы интеграции

Существует несколько классификаций форм и типов интегративных процессов в природе и обществе. Если взять за основу иерархию процессов интеграции и рассматривать ее с позиций системного подхода, то наиболее приемлемой и достаточно универсальной классификацией оказывается предложенная А. Д. Урсулом [60]. Эта классификация отражает своего рода «эволюцию» интегративности, поэтапно переходящую из простой в более сложную форму: совокупность (множество) – сложность или комплексность – упорядоченность – организация – система.

Совокупность – это простое объединение элементов в некоторое множество по некоторому общему признаку. Сложность (комплексность) – это уже объединение элементов в такую совокупность. Упорядоченность характеризует появление порядка между элементами в

некотором комплексе (сложности) по дополнительному объединяющему признаку для входящих в множество элементов. Организация знаменует появление в объединении связей. И наконец, система – это наиболее совершенная форма синтеза объединяемых компонентов – появление хорошо организованного (органического и функционального) множества, образующего целостное единство. «Природа науки как целостной системы ближе к единому организму, чем к совокупности отдельных объектов» [65]. Иерархичность процесса интегративности в эволюции научного знания хорошо представлена и проанализирована академиком В. М. Кедровым [33]. Этому посвящен специальный раздел ниже.

Что же касается второй классификации, предложенной С. А. Кравцом [38], то она касается лишь тех процессов интеграции, которые возникли на высшем уровне иерархической «лестницы» – на системном уровне (точнее, на уровне суперсистемы – высокоразвитого общества). Эта классификация характеризует целый спектр интеграционных процессов, происходящих (и происходивших ранее в более простой и менее разнообразной форме) в науке. С. А. Кравец различает одиннадцать типов интеграции научного знания в зависимости от разных факторов (онтологических, гносеологических и прагматических).

1) Экспансионистская интеграция или редукционизм. Это наиболее древняя и грубая форма интеграции знания. Это сведение неизвестного «к апробированным теориям и моделям». «Оборотной стороной экспансионизма является редукционизм: сводимость непознанных сложных явлений к более простым, познанным». Всякая экспансия имеет свои пределы, которые обнаруживаются несразу.

2) Генерализующая интеграция. Это обобщение. Существует два вида обобщения: формально-логическое и эмерджентная генерализация. Первый вид обобщения связан с поисками инвариантного признака, нивелированием различий между объектами. Второй вид обобщения связан с получением качественно нового по своему содержанию обобщенного значения; результатом его является новая фундаментальная теория. «Интегрирующая функция фундаментальной теории состоит в том, что она позволяет выявить пределы старых, относительно ограниченных теоретических подходов, рассмотреть их частный случай описания объективной реальности».

3) Экстенсивная интеграция. После создания фундаментальной теории начинается процесс ее экстенсивного роста, она окружается

полем частной теории. Все эти частные теории связываются общими исходными теоретическими основаниями, уходящими корнями в фундаментальную теорию.

4) Комплементарная интеграция. Адекватная форма синтеза в новой обобщающей теории двух конкурирующих подходов (абстрактного и конкретного) познания сложного объекта.

5) Структурная интеграция. Поэтапное развитие знаний и представлений о сущности объекта. Теория, отражающая «сущность первого порядка», макроскопического плана (феноменологию), переходит к теории, отражающей «сущность второго порядка», – более глубокий структурный уровень микроскопического плана. «Построение теории более глубокого структурного плана всегда означает интеграцию в науке».

6) Методологическая интеграция. В основе этой интеграции лежит использование методов одной науки в развитии наук. При этом обязательна трансформация метода. «Трансформация метода приводит к образованию нового предмета исследований, т. е. к новому видению объекта (биофизика, биохимия, экономическая кибернетика, математическая лингвистика и т. д.)». «Для современной науки характерно все более широкое распространение и развитие общенаучных методов, разрабатываемых обычно на математической основе».

7) Концептуальная интеграция. Создание новых научных направлений и теорий на базе комплекса понятий и принципов, заимствованных из предшествующих теорий. В результате концептуальной преемственности образуется единство отрасли той или иной науки. «Пожалуй, самым ярким и уникальным проявлением концептуальной интеграции стало создание кибернетики, возникающей на основе синтеза идей об управлении в биологических, социальных и технических системах».

8) Метанаучная интеграция. «Разработка некоторых общих методов, принципов, норм научного познания, способствующих интеграции различных направлений в науке как в целостном организме».

9) Комплексирующая интеграция. Применение комплекса наук в решении какой-либо реальной технологической, технической или социальной проблемы. «Комплексирование, приобретающее в наши дни все более глобальный характер, ведет к выработке обобщенных методологических подходов к решению комплексных проблем, сближает взгляды специалистов разных профилей на общий предмет».

10) Социокультурная интеграция. Существенное влияние на дифференциацию и интеграцию в науке оказывают различные социокультурные факторы: общественные отношения, другие формы общественного сознания, общий стиль научного мышления, идеология, политика, система образования, национальные традиции, борьба школ, периодические издания и т. д.

11) Менеджментная интеграция. «В связи с превращением науки в непосредственную производительную силу этот тип интеграции приобретает все более существенное значение. Управление научным исследованием требует некоторой единой системы организации научных исследований, разработки общих критериев в оценке их экономической эффективности, единой системы планирования и контроля. Современная “большая наука” зиждется на некоторой единой управленческой и организационной основе».

Итак, в науке нашего времени осуществляются различные интеграционные процессы, которые переплетаются и взаимодействуют друг с другом. «Характерной чертой многих интегративных процессов в современной науке является их непосредственная либо существенная связь с различного рода становящимися общенаучными тенденциями, такими, как диалектизация, математизация, космизация, экологизация и т. п., которые выражают отдельные стороны влияния той или иной дисциплины, проблемы, подразделения, фрагмента, компонента науки на другие ее компоненты. Такое влияние, или взаимовлияние, ведет к повышению эффективности науки в целом» [60].

Однако «объявление интегративности доминантой современного мышления» вовсе не означает отсутствия при этом дифференциации (специализация) научного значения, нивелировку междисциплинарных границ. «Интегративность в ее подлинно диалектическом понимании означает не растворение одного в другом, а их единство. Вместе с тем, в новой системе категориальных и понятийных связей, соучаствующих в интеграции науки, “трансформируются” различные формы движения материи» [59].

3.2.2. Общие представления об эволюции структуры науки

В настоящее время представления об общей структуре научного знания (науки) переживают переходный период. Этот период характеризуется тем, что «прежние взгляды на общую структуру науки начали ломаться, однако пока не настолько сильно, чтобы уступить ме-

сто новым взглядам, а новые взгляды стали вступать в силу, но все же не настолько решительно и обстоятельно, чтобы вытеснить заметным образом старые взгляды» [33]. Этот период В. М. Кедров называет «кануном революционного переворота, разрушающего коренным образом старое и решительно прокладывающего дорогу новому». В. М. Кедров выявляет главные тенденции развития науки как системы научного знания, с момента ее зарождения до настоящего времени, и прогнозирует ее перспективы.

3.2.2.1. О трех стадиях общего движения научного познания и о науке будущего

Первая стадия – античная наука. Это становление научного познания, еще не дифференцированного, диффузного. Это единая наука с включением в нее зародышей будущих отдельных отраслей науки. В этот период общее в научном познании было единственным. Оно подавляло собой отдельное, специальное, растворяло его в себе.

Вторая стадия – промежуточная. Это начало дифференциации наук, их расчленения, начиная с эпохи Возрождения. В этот период в научном познании общее отступало на второй план, на первый же план выступал момент отдельного, специального, частного.

Третья стадия – высшая. Это развернутая интеграция наук, проходящая ряд ступеней. Первая ступень интеграции приходится на середину XIX в., более высокая – на настоящее время и высшая – на будущее.

Интеграция наук на этой стадии является как бы отрицанием отрицания. В этот период в процессе развития научного познания раскрывается единство общего и отдельного. Отрицание отрицания выступает в форме взаимодействия наук, дающего новое качество. Это является стержневым моментом современной науки. В будущем, как предсказывал К. Маркс, все науки сольются в единую науку, единую в смысле включения в нее отдельных, ранее разобщенных ее отраслей.

По поводу структуры научного познания будущего существуют три точки зрения современных ученых. Одни ученые считают, что в будущем вообще исчезнет всякая дифференциация знаний и восстановится полностью первоначальная структура науки, в которой доминировало одно только общее в ущерб отдельному.

Другие ученые впадают в противоположную крайность. Отрицая Маркса, они утверждают, что в будущем будет совершаться все

более узкая специализация знаний, порожденная углублением дифференциации наук, иначе говоря, будет доминировать только одно отдельное.

Б. М. Кедров [33], считая оба изложенных варианта крайними, отвергает их. Согласно его представлению, «дальнейшая дифференциация наук, приводящая ко все более глубокой специализации знаний, должна будет продолжаться с нарастающей силой. Однако она, как и сегодня, будет совершаться под эгидой и в рамках все усиливающейся интеграции наук» [33]. Иначе говоря, Б. М. Кедров является сторонником предсказаний К. Маркса о единой науке будущего.

Согласно этой точке зрения, основу единой науки будущего составит диалектическое единство общего и отдельного, «когда общее не подминает под себя отдельное, а отдельное не отрывается от общего», иначе говоря, когда их взаимодействие представляет диалектическое единство противоположностей. Именно на этой основе происходит подлинная интеграция научных знаний в нашу эпоху.

3.2.3. Основные тенденции в эволюции научного познания и классификации наук (по Б. М. Кедрову)

Стержневым моментом эволюции научных знаний и прежних классификаций науки было движение от установления формальных связей к вскрытию органических внутренних связей между науками и, соответственно, их объектами.

Б. М. Кедров рассматривает пять основных тенденций эволюции научного знания и классификации наук.

3.2.3.1. От дифференциации наук к их интеграции

В эпоху Возрождения, с целью углубленного изучения частных объектов, началась дифференциация науки, т. е. процесс возникновения отдельных отраслей научного знания. Познание человека вступило в аналитическую стадию своего развития. Прогрессирующее дробление наук на мелкие разделы приводило к расчленению научного знания и угрожало «рассыпаться на отдельные, ничем не связанные между собой отрасли, подобно бусинкам при разрыве нити, на которую они были нанизаны». Появилась потребность в объединении наук в одно целое. Однако синтез наук по необходимости реализовался в то время по принципу внешних связей в силу доминирования в среде ученых метафизического метода мышления.

Начиная с середины XIX в., тенденция к интеграции научного знания из подчиненной становилась господствующей.

3.2.3.2. От координации наук к их субординации

Переход от формальной интеграции научного знания к истинной (диалектической) конкретизируется в переходе от координации (внешнего соположения) к его субординации (внутреннего их соподчинения).

В основе этой тенденции лежит признание идеи развития вещей природы и их отражения в виде научных понятий. Принцип развития подразумевает: во-первых, иерархическую соподчиненность низшего высшему, движение от простого к сложному; во-вторых, наличие между смежными членами иерархического ряда обязательных переходных областей, «мостов», через которые осуществляется между ними общая взаимная связь.

3.2.3.3. От субъективности к объективности в обосновании связи наук

Раньше в качестве основы, на которой строилась система умений и знаний, в том числе научных, выбирались проявления человеческого интеллекта, например: память (отсюда история), разум (отсюда наука), воображение (отсюда искусство). Затем в качестве обоснования классификации наук стали выдвигать связи самих явлений объективного мира, причем связи не внешние, а внутренние, естественные. Поскольку отдельная наука отражает собой отдельную форму движения материи в качестве своего объекта, то связь наук отражает общую взаимосвязь всех форм движения материи. Поэтому переходы между науками должны быть естественными, «отражая собой естественность переходов между самими объектами».

3.2.3.4. От изолированности наук к междисциплинарности

Дальнейшая дифференциация научного знания, способствующая более глубокому проникновению в сущность объектов природы и общества, приводила к появлению промежуточных междисциплинарных научных отраслей. Эти промежуточные дисциплины выступали в качестве связующих звеньев («мостов») между разрозненными фундаментальными науками. Такими науками стали: астрохимия, астрофизика, биохимия, биофизика и т.п. Следовательно, дальнейшая дифференциация знаний приводила к их глубокой интеграции, «так,

что эта последняя совершалась уже непосредственно через свою противоположность – продолжающуюся дифференциацию наук» [33].

3.2.3.5. От однолинейности и разветвленности в изображении системы наук

В начале классификация наук, в плане их графического построения, носила однолинейный характер. Она, на первый взгляд, лучше других была способна выразить процесс восхождения: от низшего к высшему, от простого к сложному, от абстрактного к конкретному. В дальнейшем были внесены коррективы.

Оказалось, что на каждой ступени развития природы процесс разделялся на два противоположных – оба прогрессивного характера. «Один из них в перспективе имел тенденцию выйти за рамки существующей качественной ступени и перейти на более высокую ступень; другой, будучи также прогрессивным, такую тенденцию не обнаруживал и разветвлялся в пределах уже достигнутой ступени развития, т. е. в пределах существующего качества». Первую ветвь развития Б. М. Кедров назвал перспективной, вторую – неперспективной.

Такое раздвоение – не случайное явление, оно вытекает из самого диалектического характера всякого процесса развития. «Движущим началом развития, его внутренним источником и стимулом служит противоречие, т. е. раздвоение единого на противоречивые части – стороны или тенденции. Уже в силу этого процесс развития природы не может не обнаружить своей диалектичности в смысле тенденции на разделение на две основные ветви противоположного характера».

Процесс раздвоения развития самой природы на две соответствующие ветви – органическую и неорганическую – начинается с образования первых молекул. При этом ветвь неорганической природы выступает как условие и предпосылка возникновения и дальнейшего совершенствования противоположной ей ветви органической природы.

Раздвоение процесса развития обнаруживается и на более высоких ступенях самой органической природы. Начиная с одноклеточных, одна ветвь ведет к животным, другая к растениям. Обе ветви прогрессивны, но перспективна лишь первая, вторая же является условием прогресса первой ветви.

Так происходит на всех ступенях развития природы и при переходе в область человеческой истории. «Здесь на уровне наших общих

с современными приматами предков, т. е. на уровне высокоразвитой природы человеко-обезьяноподобных существ, ныне вымерших, произошла дивергенция процесса развития, в результате чего одна его ветвь (перспективная) привела к современному человеку, другая (неперспективная) – к современным приматам. Вместе с человеком возникла надорганическая природа». Соответственно, произошло раздвоение наук, изучающих различные ветви развития природы.

Таким образом, в структуру современного естествознания на смену прежней однолинейности пришла ярко выраженная разветвленность в отношениях между науками.

3.2.4. Основные тенденции развития научного познания и классификация наук в настоящем и будущем (по Б. М. Кедрову)

Стержневым моментом развития научного познания и классификации наук, начиная с середины XX века, является все более широкое распространение диалектики на их основы и отдельные их звенья. В результате удалось преодолеть ряд следствий односторонне-аналитического метода исследования предыдущих периодов. Прежде всего было ликвидировано обособление (сепаратизм) наук, благодаря возникновению междисциплинарного знания, включая кибернетику и переходные науки.

Наметились предпосылки преодоления второго следствия – узкой специализации. Эти предпосылки выражаются в целом ряде прогрессивных тенденций, являющихся прямым продолжением и развитием тех, которые действовали ранее и были изложены выше.

3.2.4.1. От замкнутости наук к их взаимодействию

Первым шагом к преодолению замкнутости наук, вызванным аналитическим методом познаний, было появление междисциплинарных отраслей науки («мостов»), которые позволили соединиться ряду фундаментальных наук при изучении общего для них круга явлений. Однако за пределами этих «мостов» сами соединяемые ими науки оставались обособленными.

Впервые выход из этой замкнутости возникает, когда требуется изучить один и тот же предмет (объект) одновременно с разных сторон. В связи с этим, наряду с прежним, начинает вырисовываться новый методологический подход. Прежде одной науке соответствовал один предмет, и этому предмету соответствовала лишь одна эта наука. И отношение между ними (предметом и наукой) было однозначно.

Теперь же все чаще один предмет изучается одновременно многими науками в их взаимодействии, а одна наука все чаще внедряется во многие другие предметы.

3.2.4.2. От одноаспектности наук к их комплексности

В дальнейшем углубление развития вышеотмеченной тенденции в научном познании состоит в том, что взаимодействие наук усиливается и доходит до образования слитных научных комплексов и выработки нового комплексного метода исследования. Комплексность в научном исследовании позволяет познать объект в его целостности и конкретности, во взаимосвязи всех его сторон и аспектов. В их основе лежит новый комплексный подход исследования, сущность которого выражается в полном взаимном проникновении анализа в синтез и синтеза в анализ.

Если ранее связь анализа с синтезом имела ступенчатый однозначный характер, когда предмет расчленялся на части, а затем синтетически восстанавливались связи этих частей, то теперь дело обстоит иначе. «Теперь же этот метод требует полного включения анализа в процесс синтеза, с тем, чтобы анализ не предшествовал синтезу, а сопутствовал ему, давал возможность все время держать перед глазами целое и каждый шаг аналитического характера проверять синтезом, а каждый шаг синтетического характера подготавливать анализом по ходу всего исследования» (Б. М. Кедров).

3.2.4.3. От сепаратизма к глобальности в научном развитии

Дальнейшая эволюция все в том же направлении приводит к тому, что взаимодействие наук и их комплексность достигают глобальных масштабов. Теперь это распространяется на объекты, которые носят всеобъемлющий и в точном смысле слова всемирный характер. Именно глобальный характер самого объекта сообщает такой же глобальный характер взаимосвязи наук, а значит, и их классификации.

Образцом подобного объекта может служить научно-техническая революция (НТР) как поистине глобальное явление современной исторической эпохи. Глобальными являются: задача изучения космоса; экологическая проблема, связанная с изучением среды жизни человека; проблема здоровья и долголетия людей, их питания; изучение самой науки как социального явления (науковедения).

3.2.4.4. От функциональности к субстратности

Эволюция научного знания будет определяться субстратным признаком. По мнению Б. М. Кедрова, структура современного знания переживает полную коренную перестройку, она превращается из структуры, определяемой функциональным признаком, в структуру, определяемую, прежде всего, субстратным признаком.

Однако из этого вовсе не следует, что исчезнет вообще всякая специализация, соответствующая различным формам движения материи. Субстратный уровень, как более сложный и высокий, не предполагает обезличку при изучении объекта (субстрата), он исключает лишь былой сепаратизм специальностей.

3.2.4.5. От множественности наук к единой науке

Субстратный подход в изучении мира приведет к переходу к единой науке. Мир многообразен, но он един. Единство его заключено в материальности. Единая материя являет собой единство в многообразии. С позиций субстратного подхода предметом исследования будет весь мир как единство в многообразии – всеглобальный объект или субстрат. Этот глобальный субстрат будет изучаться всеглобальной единой наукой с множеством внутренних подразделений, охваченных единством всего научного знания.

В качестве общего резюме Б. М. Кедров [33] предлагает наглядную схему (рис. 2), где отражены основные тенденции в эволюции научного знания. Различные фундаментальные науки представлены основными спектральными цветами – красным, желтым и синим. Переходные науки – другими спектральными же цветами – фиолетовым (промежуточным между синим и красным), оранжевым (промежуточным между красным и желтым) и зеленым (промежуточным между синим и желтым), которые образованы смешением двух основных цветов. Полоса белого цвета изображает диффузную стадию «нерасчлененной» науки древности, в которой лишь зарождаются отдельные науки (они представлены прерывистыми линиями внутри белой полосы).

Переход к аналитическому расчленению ранее единого, «нерасчлененного» знания показан как его преломление через «призму» анализа, в результате чего возникают фундаментальные науки, разобщенные между собой резкими разрывами. При этом вскоре от

фундаментальных наук «отщепляются» науки технические и вообще прикладные.

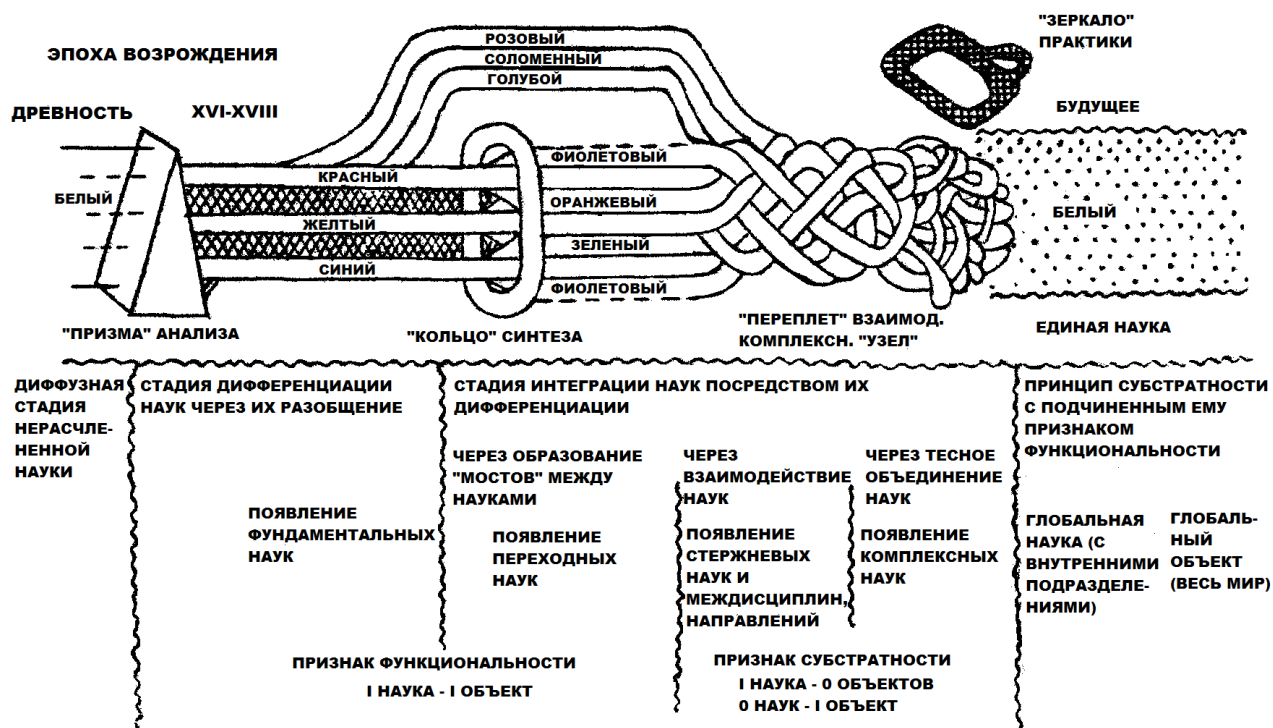


Рис. 2. Наглядная схема основных тенденций в эволюции наук

В ходе дальнейшего прохождения наук через познавательное «кольцо» синтеза между ними возникают одна за другой переходные науки, связывающие их в качестве «мостов». Это начинается в середине XIX века благодаря открытию основного закона физики – закона сохранения и превращения энергии.

Дальнейший процесс взаимодействия наук представлен в виде их «переплетения», что приводит затем к возникновению комплексных наук. Это изображено в виде образования особого «комплексного узла», в котором взаимодействие наук достигает высокой степени их взаимного проникновения друг в друга. Так, в схеме выражено современное состояние тенденций в эволюции классификации и системе наук, причем показано, как это их состояние и их перспективы, по крайней мере, ближайшие, находят свое отражение в «зеркале» практики (имеется в виду не только организационная сторона вопроса, но и теоретико-методологическая сторона его разработки).

Наконец, в качестве отдаленной перспективы в виде белой заключительной полосы намечена будущая единая наука, предвиденная Марксом. В этой единой науке, охватывающей собой все без исключения отрасли знания, продолжают существовать и функционировать уже возникшие ранее отдельные науки и научные направления, одна-

ко не как самостоятельные, изолированные друг от друга, но как подчиненные единой науке и действующие в полном согласии между собой и с ней как целым.

Такое их подчиненное по отношению к единой науке положение показано на рисунке как продолжение внутри белой полосы (т. е. внутри единой науки) пунктирных линий всех цветов спектра, которые обозначают все ранее существовавшие отдельные науки. Это показывает, что будущая единая наука вовсе не предполагает полной ликвидации прежних наук или растворения их в этой единой науке, но лишь такое их тесное слияние и переплетение, при котором изучение частных объектов неотделимо от одновременного всестороннего учета всего объекта в целом.

Следует добавить, что по техническим причинам оказалось невозможным полностью включить двумерное изображение (рисунок) прикладных, в частности технических наук. Для их полного включения потребовалось бы третье измерение, т. е. объемный образ классификации наук. Как считает Б. М. Кедров, изобразить это можно было бы так: примерно на рубеже XVIII–XIX веков от одного до тех пор нерасчлененного теоретического и прикладного (технического) значения, представленного основными (фундаментальными) науками, начинают отпочковываться технические науки в особые отрасли знания.

На схеме это представлено так, что от красной полосы отходит в сторону розовая (светло-красная) полоса, от желтой – соломенно-желтая, от синей – голубая (светло-синяя), и эти полосы располагаются где-то позади ранее возникших наук и параллельно им. Начиная с середины XX века, эти полосы начинают вступать во взаимодействие с теми основными, от которых они в свое время отпочковались, причем в самых различных вариантах, как это мы видим в случае образования бионики, возникшей из взаимодействия биологии с кибернетикой и техникой. В дальнейшем технические и вообще прикладные науки вступают наряду с остальными в комплексный «узел», а в далекой перспективе – в единственную науку, предугаданную Марксом, сохраняя в ней свое, хотя и подчиненное, но относительно самостоятельное место, изображаемое в виде пунктирных линий внутри белой полосы.

Таков был бы рисунок в его объемном геометрическом изображении. Что же касается гуманитарного знания, включая общественные науки, то оно представлено на рисунке как входящее в фунда-

ментальное научное знание. Поэтому призыв к усилению взаимосвязи между общественными, естественными и техническими науками будет отражен на рисунке как осуществление тенденции к переходу от «переплета» взаимодействий к комплексному «узлу» наук, который только и совершается ныне.

Четыре стадии эволюции наук, приведенные внизу рисунка, означают следующее: первая стадия показывает, что в древности существовала единая нерасчлененная (диффузная) наука, которая имела своим предметом весь мир в целом. Вторая стадия – дифференциация, которая означает, что каждая отдельная наука имела только один, свой собственный, предмет, причем такое однозначное соотношение существовало для всех наук, например, n раз. Третья стадия – интеграция наук, тесное объединение через их взаимодействие. Четвертая стадия – единая, глобальная наука будущего, изучающая весь мир во всех его проявлениях.

Нерешенные задачи

Когда в советской экономике наметился решительный поворот к использованию интенсивных факторов развития, возникла необходимость и в интенсификации науки, ибо она, прежде всего, призвана повысить эффективность общественного производства. Экстенсивный путь развития любого вида социальной деятельности, в отличие от интенсивного пути, характеризуется не количественным ростом вовлекаемых в деятельность основных элементов, а использованием качественных факторов за счет имеющихся внутренних резервов и возможностей. Такие внутренние резервы новых качеств таятся во взаимодействии наук, в их интеграции. В связи с этим перед российскими учеными возникают следующие задачи:

- 1) **усилить** взаимодействие основных групп наук – общественных, естественных и технических;
- 2) **усилить** взаимодействие между наукой и производством, в этом плане большое значение придается развитию прикладных наук и ускорению реализации их достижений практикой;
- 3) с учетом основных интегративных тенденций в развитии науки необходимо **обеспечить** подготовку высококвалифицированных специалистов широкого профиля, с которыми они в качестве молодых специалистов столкнутся после окончания учебы.

4. ПРИНЦИП ИНТЕГРАТИВНОСТИ В ОРГАНИЗАЦИИ УМСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (БИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

Состояние вопроса

Как указывалось выше, мы рассматриваем умственную деятельность как особую, сугубо человеческую форму взаимодействия организма с окружающими его биологической и социальной средами. Ее организация, как известно, имеет социальный и биологический аспекты.

На современных тенденциях в социальной организации механизмов, обеспечивающих высшую форму умственной деятельности – в организации и развитии научного знания, мы подробно остановились в предыдущих разделах пособия. Одной из основных тенденций является все возрастающая интеграция науки на фоне продолжающейся ее дифференциации и благодаря ей.

В настоящем разделе нам необходимо рассмотреть биологический аспект проблемы: показать основной принцип организации физиологических механизмов, лежащих в основе умственной деятельности. Здесь, как и на социальном уровне, решающим принципом организации является принцип интегративности. Он отчетливо просматривается как в период эволюции структуры и функций нервной системы, так и на уровне более высокой структурной и функциональной ее организации.

4.1. Интеграция в биологии

Интеграция (от лат. *integrer* – целый) в биологии понимается как процесс упорядочения, согласования и объединения структур и функций в целостном организме, характерный для живых систем на каждом из уровней их организации. Понятие интеграции ввел английский ученый Г. Спенсер (1857 г.), связав ее с дифференциацией тканей в процессе эволюции и специализацией функций первоначально гомогенной, диффузно реагирующей живой материи. Согласно Спенсеру, степень интеграции может служить показателем уровня прогрессивного развития живой системы.

В физиологии под интеграцией понимается функциональное объединение частных физиологических механизмов в сложно координированную приспособительную деятельность целостного организма. Элементарная единица интеграции организма – функциональ-

ная система – динамическое объединение центрально-периферических образований, обеспечивающее его саморегуляцию. Принципы физиологической интеграции раскрыл (1906 г.) английский физиолог Ч. Шеррингтон на примере координации рефлекторной деятельности спинного мозга (конвергенция, реципроктность, общий конечный путь и т. д.). Эти принципы действуют на всех уровнях нервной системы, включая кору больших полушарий головного мозга.

Мы будем рассматривать интеграцию церебральных функций, которая подчиняется принципу иерархичности. Каждый из ключевых иерархических принципов интегративности несет в себе отдельные черты, а может быть, основное ядро, сущность другого иерархического принципа (формы), но в соответствии со своим функциональным назначением. Субиерархические принципы, таким образом, составляют фонд вышестоящих, но в измененном (в них) в качественном отношении виде. Все иерархические градации этих принципов находятся в диалектическом взаимодействии, обеспечивая процессы системной упорядоченности функций.

Проблема интегративности функций ЦНС с успехом разрабатывается отечественными учеными. Большой вклад в эту тему внесли: И. И. Сеченов [52]; И. П. Павлов [47]; А. А. Ухтомский [61]; П. К. Анохин [5]; П. Г. Костюк [37]; О. С. Адрианов [1]; К. В. Судаков [57]; А. С. Батуев [18]; Л. Г. Воронин [26] и др.

Содержание второго раздела будет построено на работах этих ученых, список которых представлен в конце пособия.

4.1.1. Иерархия узловых принципов интеграции центральной нервной системы

В разделе 3.1 мы рассмотрели две классификации социальных форм интеграции в организации умственной деятельности: одну предложил А. Д. Урсул, вторую – С. А. Кравец. Как нам представляется, одна из них, а именно, первая, в силу своей универсальности, может быть использована и при установлении иерархии узловых принципов (форм) интеграции, лежащих в основе организации физиологических механизмов умственной деятельности.

Как уже указывалось, в основу этой классификации положен системный подход. Классификация отражает иерархию форм интеграции от простой к более сложной (совершенной): множество – совокупность – сложность или комплексность – упорядоченность – ор-

ганизация – система. Это есть не что иное, как иерархия узловых абстрактных форм интеграции. Если ее представить в виде конкретных физиологических форм, то она, соответственно, будет выглядеть следующим образом: конвергенция – суммация – доминанта – временная связь (условный рефлекс) – функциональная система.

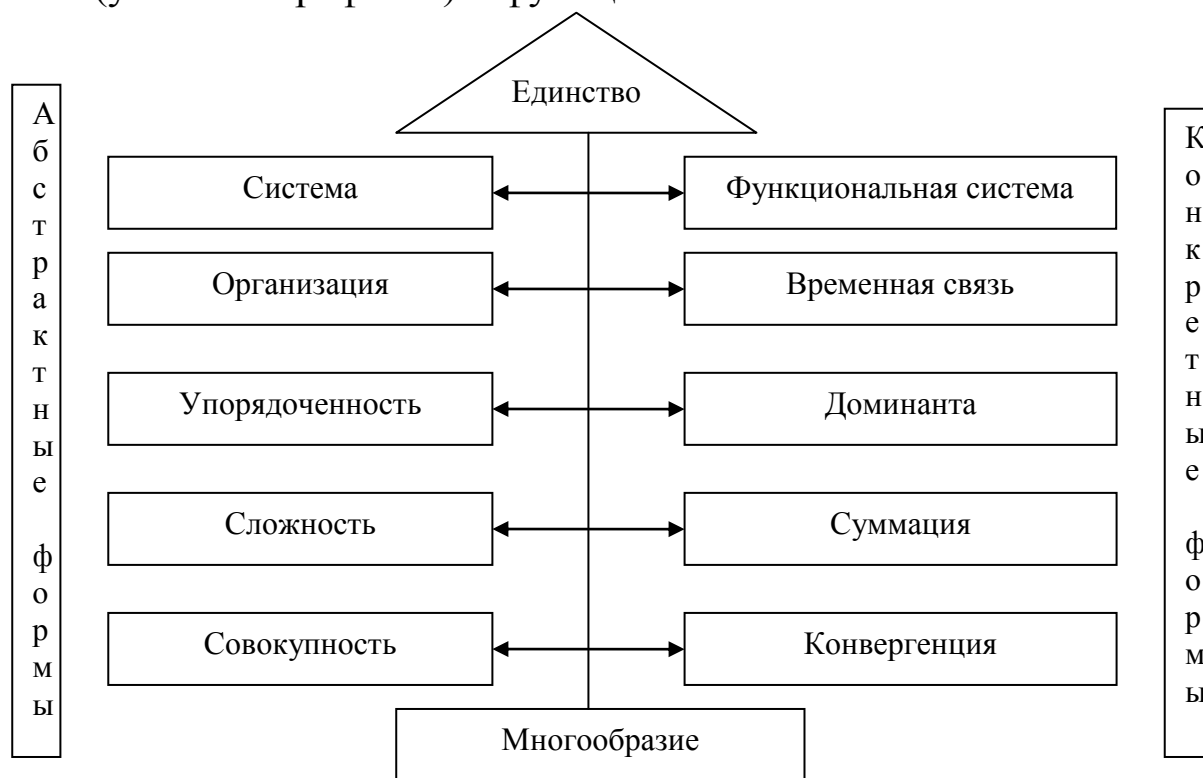


Рис. 3. Иерархия узловых форм (принципов) функциональной интеграции

На рис. 3 графически представлены иерархия абстрактных узловых форм интеграции и их взаимные переходы из одной в другую. Характеристика абстрактных форм процессов интеграции дана в разделе 3.1. Здесь же мы раскроем сущность конкретных физиологических узловых принципов интеграции, а в следующих параграфах остановимся на них подробно.

Конвергенция (от лат. *convergere* – приближаться, сходиться) в физиологии понимается как схождение на одном нейроне возбуждений, идущих от различных нейронов или коллатералей того же нейрона.

Суммация (от позднелат. *summatio* – сложение) – сложение (или накопление) на мембране нейрона подпороговых раздражений определенной модальности (признака), приводящее к возникновению распространяющегося возбуждения (потенциала действия).

Доминанта (от лат. *dominans, dominantis* – господствующий) в физиологии определяется как «конstellляция (созвездие) центров с

повышенной возбудимостью», предопределяющая в значительной степени характер текущих реакций других центров в данный момент.

Временная связь (или условный рефлекс) – это гибкая (способная угаснуть или перестроиться) связь нервных центров условного (сигнального) раздражителя и его подкрепляемого (или неподкрепляемого) безусловного агента, при обязательном условии совпадения их (условного и безусловного раздражителей) во времени. Эта связь сигнализирует о последующем действии внешней среды и определяет адекватную реакцию на ее воздействие.

Функциональная система в физиологии определяется как динамическая саморегулирующаяся организация межцентральных связей нервной системы и ее периферии, все составные компоненты которой взаимно содействуют достижению полезных для системы и метаболизма организма в целом приспособительных результатов. Функциональная система представляет собой основу физиологической архитектуры поведенческого акта.

4.2. Принцип конвергенции

При любом нервном акте в активное состояние приходит множество клеток. Однако новое качество – интеграция клеток, – в котором клетки выступают как единое целое, при этом не возникает. Интеграция клеток возникает лишь тогда, когда деятельность каждой клетки оказывается функцией не только непосредственно поступившего к ней сигнала, но и тех процессов, которые происходят в остальных клетках данного нервного центра. «Только тогда появляется новое качество, которое нельзя найти в отдельной клетке, если ее рассматривать изолированно, и можно говорить о первой ступени нервной интеграции» [37]. Какие же формы взаимодействия в мозге, приводящие к первой стадии функционального объединения клеток, известны науке?

Академик П. Г. Костюк называет три основных формы первичной интеграции нейронов мозга: электротоническое (электрическое) взаимодействие, конвергенция синаптических входов и взаимодействие вставочных нейронов с участием торможения.

Электрическое взаимодействие нейронов. Доказано, что во многих структурах центральной нервной системы имеются «тесные соединения» нейронов, характеризующиеся соприкосновением поверхностных мембран двух нейронов, при котором исчезает обычное межклеточное пространство. Тесные соединения лишены обычных

цитоплазматических элементов, свойственных химическим контактам, и обладают низким электрическим сопротивлением. Это позволяет создавать в одной клетке значительные (надпороговые) электротонические изменения за счет токов, генерируемых другой клеткой. Благодаря электротонической связи возникают очень хорошие возможности для синхронизации активности ряда единиц, качественно отличных от синхронизирующих возможностей химических синапсов. В этом случае нейронная популяция приобретает возможность функционировать как одна клетка и создавать такую же одновременную активность всех составных элементов исполнительного органа [37].

П. Г. Костюк [37] считает, что внеклеточные электрические поля представляют собой вторичное явление, возникающее в связи с синаптической синхронизацией активности многих нейронов, а не являются фактором, приводящим к такой синхронизации. При этом П. Г. Костюк положительно относится к предложению о синхронизирующей роли глиальных элементов. Однако электротоническая связь в центральной нервной системе представляет собой явление исключительное. Узловым первичным механизмом интеграции следует считать конвергенцию химических синаптических входов.

Конвергенция синаптических входов. Схождение многих синаптических терминалей к поверхности сомы и дендритов нейрона осуществляется благодаря утилизации ими принципа дивергенции, ибо без нее, т. е. без множества, не существовало бы и единства.

В чем сущность процесса конвергенции возбуждения?

Было бы неправильным считать, что конвергенция осуществляет только интеграцию нейронов в единую систему. Диапазон ее проявлений гораздо шире. Прежде всего, конвергенция осуществляет деятельность каждого нейрона в нервном центре. А именно для того, чтобы нейрон сгенерировал новый сигнал и передал его дальше [37], необходима конвергенция активности огромного числа пресинаптических волокон. Конвергенция необходима для предварительной деполяризации нервной клетки (рис. 4) за счет других синаптических ходов (*A*, *B*, *C*). Только тогда на пусковой сигнал (*D*) клетка генерирует потенциал действия (ПД). Таким образом, конвергенция прежде всего выполняет роль мощного моделирующего механизма.

И вторая функция принципа конвергенции – интеграция нервных элементов в определенные системы популяции клеток. При рассмотрении этой роли конвергенции необходимо подчеркнуть, что, со-

гласно представлениям А. А. Ухтомского [62], следует различать статическую (жесткую) и динамическую (гибкую) конвергенцию.



Рис. 4. Схема предварительной деполяризации нервной клетки конвергирующими аксональными возбуждениям с нейронов *A, B, C, D* – пусковой сигнал

На современном этапе изучения интегративных функций головного мозга А. С. Батуеву удалось показать, что жесткая проекционная конвергенция является принципом интеграции в основном на докорковых уровнях, а локальная динамическая, подвижная конвергенция присуща кортикальным нейронам ассоциативного неокортекса. «Сочетание двух форм конвергенции сенсорных влияний наряду с мощными модулирующими влияниями обеспечивает ассоциативным системам больших полушарий участие в выполнении интегративных функций мозга» [18].

Статическая конвергенция. Жесткая конвергенция определяется конструкцией сенсорных систем. Эта конструкция, состоящая из N уровней, представляет собой пирамиду, обращенную острием вниз (рис. 5 по Ю. Конорски [36]). Нейроны отдельного уровня данной сенсорной системы либо связаны с нейронами более высокого уровня этой же системы (транзитные, рецептивные), либо их аксоны идут в другие части нервной системы (выходные, перцептивные нейроны).

Взаимоотношения между последовательными уровнями сенсорной системы построены по принципу дивергенции-конвергенции, причем дивергенция, в общем, преобладает. Чем выше уровень, тем из большего числа нейронов он состоит. Исходя из конструкции сенсорных систем, видим, что принцип первичной интеграции – конвергенция – утилизирует принцип первичного множества – дивергенцию (от лат. *divergere* – расхождение), без которого не могло бы сущест-

воватъ единства множеств, не возникло бы необходимости в интеграции.

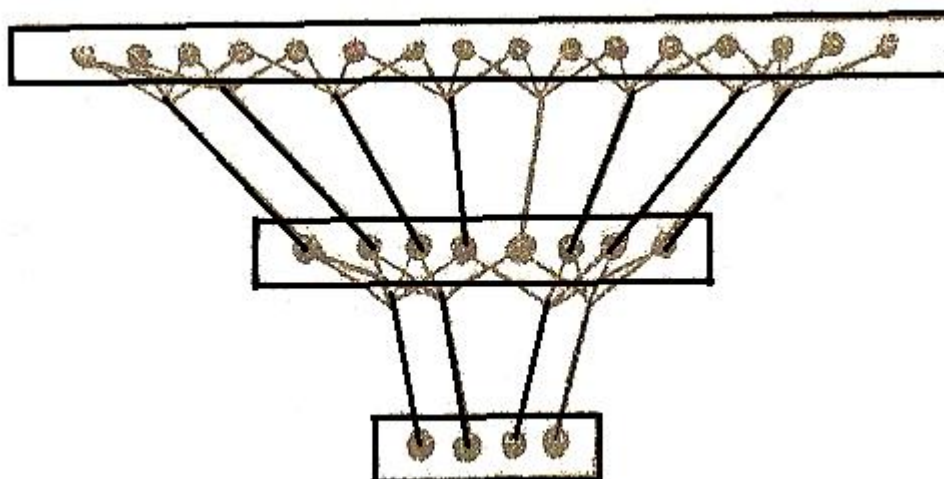


Рис. 5. Принцип дивергенции-конвергенции в эфферентных системах (по Ю. Конорски)

Электронно-микроскопические исследования показали, что нейроны всех уровней сенсорных систем обладают обилием синапсов (входов), а высших ассоциативных уровней (таламус, неокортекс) характеризуются и чрезвычайной сложностью формируемых ими соединений (рис. 6). Для ассоциативных систем неокортекса характерны групповое расположение нейронов (рис. 7) с мощно развитой системой шипиков и обилие синаптических контактов. Эти группы получили название нейронных модулей, состоящих из звездчатых и пирамидных клеток коры (А. С. Батуев и др.). Однако существуют структурные предпосылки и к сенсомоторной первичной интеграции. Примером таких конструкций могут служить структурные модули синсомоторной коры кошки, строение которых схематически представлено на рис. 8 (по А. С. Батуеву [18]). Показано, что структурный модуль представляет собой группу тесно расположенных 3–6 нервных клеток (пирамид). Одним из существенных факторов объединения разных типов пирамид являются вертикально ориентированные пучки апикальных дендритов (рис. 9). В этих пучках обнаружено множество аксонных входов и плотное прилегание соседних дендритов. В ряде случаев между соседними дендритами наблюдались контакты типа десмосом.

«Таким образом, объединения нейронов по вертикали в форму колонки или цилиндра рассматриваются нами в качестве структурного модуля или сенсомоторной коры. Последняя характеризуется гнездным расположением эфферентных пирамид, дендритными пуч-

ками и наличием всех предпосылок для синхронной мультисенсорной активации его компонентов и формирования эфферентного импульса» [18].



Рис. 6. Схема синаптических комплексов на дендритах нейронов
(составлено В. П. Бампиндрой)

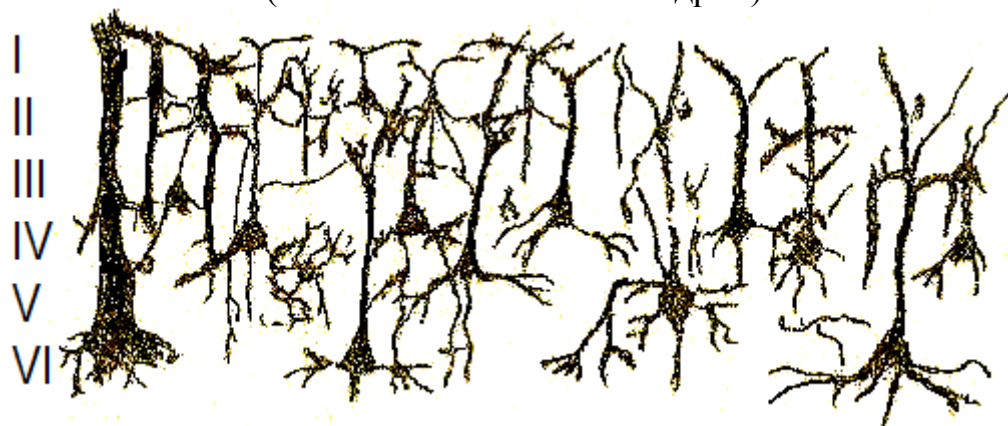


Рис. 7. Схема нейронной организации теменной коры мозга кошки
(по Д. П. Демьяненко)

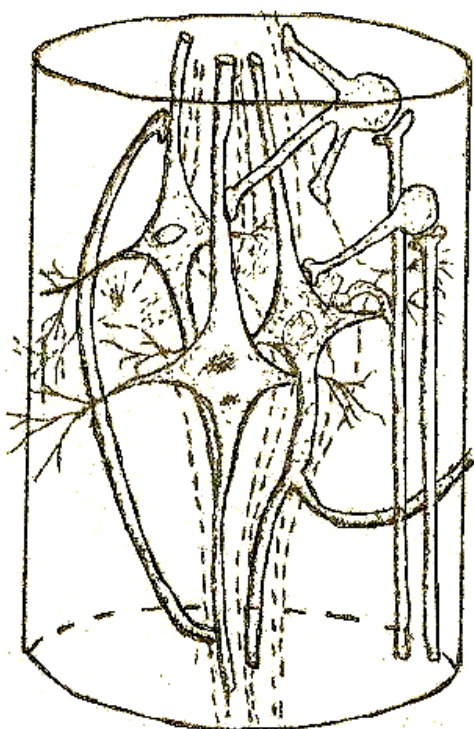


Рис. 8. Структурный модуль сенсомоторной коры (по А. С. Батуеву)

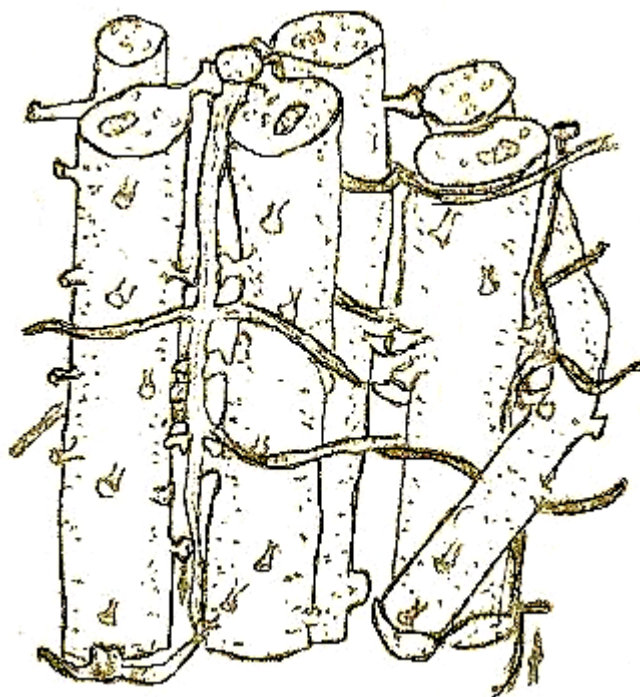


Рис. 9. Схема тонкой структуры дендритного пучка (по А. С. Батуеву)

Как указывает А. С. Батуев [18], большинство структурных модулей – вертикальных цилиндров – имеет наружный диаметр 100 мкм и включает от 3 до 8 пирамидных нейронов. Это объединение первого порядка. Эти структурные объединения располагаются по кругу, а не стохастически, что позволяет обнаружить нейронные объединения второго порядка, имеющие концентрическую конфигурацию. Наружный диаметр таких объединений достигает 330 мкм, и каждое из них состоит из нескольких структурных модулей (рис. 10).

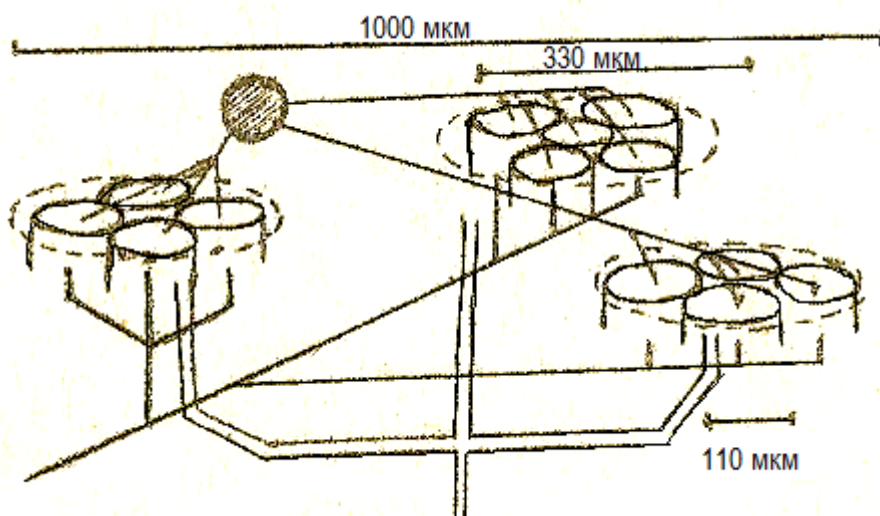


Рис. 10. Схематическое изображение структурно-функциональных объединений нейронов (по А. С. Батуеву)

Далее, были обнаружены (А. С. Батуев) структурные предпосылки для более обширных функциональных объединений. Это, во-первых, ветвления одного специфического таламического афферента, активирующего несколько структурных объединений I и II порядка при наличии значительного их перекрытия в коре; во-вторых, горизонтально идущие коллатерали пирамидных нейронов, образующие по ходу касательные контакты с шипиками базальных дендритов; и в-третьих, длинно-аксонные звездчатые клетки, формирующие корзинчатые перичеселлюлярные сплетения вокруг крупных пирамид. А. С. Батуев считает, что функциональные объединения высокого порядка, размер которого определяется пределами ветвления таламического афферента, аксоновыми коллатеральными пирамидных клеток и корзинчато-пирамидным типом связи, приближаются по своей характеристике к «функциональным моторным единицам».

Статическая конвергенция может быть специфической и мультисенсорной. Специфическая конвергенция имеет место преимущественно в проекционных зонах мозга, а мультисенсорная – в ассоциативных, особенно в таламокортикальных (таламо-париетальная и таламофронтальная ассоциативные системы).

Динамическая конвергенция. Основой гибкой конвергенции является торможение. Этот вид конвергенции выполняет функцию формирования межцентральных отношений и удержания их в течение некоторого времени. Это возможно лишь при непрерывной координирующей роли торможения [18; 37]. Действие тормозящих нейронов является фактором, объединяющим нейроны центра между собой [37] и формирующим подвижные корковые нейронные конstellляции. В этом процессе принимают участие как прямое (афферентное) постсинаптическое торможение, возникающее под влиянием активации интернейрона центрипетальным (восходящим) афферентным потоком, так и обратное (возвратное) – под влиянием центрифугальных (нисходящих) импульсов, возвращающихся по коллатеральным аксонам к тормозному интернейрону.

По мнению А. С. Батуева, первичное торможение способствует выделению наиболее значимого сигнала из всего арсенала возможных, а вторичное торможение, надо полагать, осуществляет функцию ограничения афферентного потока, играя первостепенную роль в явлениях привыкания [36]. С помощью микроэлектрофоретических аппликаций пикротоксина, антагониста определенных видов постсинаптического торможения, удалось значительно расширить рецеп-

тивное поле нейрона сенсомоторной коры. Однако аппликация глутамата как вероятного медиатора возбуждения, обладающего деполяризующим действием, не вызвала изменений РП коры. На основании этого А. С. Батуев предполагает, что «объем конвергирующих входов к корковому нейрону, определяющий структуру его РП, координируется внутрикорковыми тормозными влияниями, устраняющими те или иные степени свободы нейрона».

Согласно гипотезе Сентаган, структурный модуль коры окружает тормозное кольцо. Учитывая это и вышеизложенное, можно согласиться с высказыванием А. С. Батуева о том, что «вычленение структурных модулей в качестве самостоятельных функциональных ячеек с определением динамического спектра конвергирующих к ним сенсорных влияний может всецело определяться с помощью различных видов внутрикортикальных тормозных процессов» [18].

На основании изложенного материала можно заключить, что конвергенция – это узловой рабочий принцип первичной интеграции нейронов в единое целое. Однако сама по себе конвергенция не дает нового качества, а выступает лишь как рабочий инструмент, если не происходит обязательного процесса «умножения» эффекта взаимодействия конвергирующих влияний – суммации.

4.3. Принцип суммации

Следующей ступенью иерархической лестницы интегративности является принцип суммации, определяющий эффект «умножения» конвергирующих (и дивергирующих) возбуждений. По определению И. М. Сеченова, открывшего это явление в 1868 году, суммация заключается в «способности нервных центров суммировать чувствительные, поодиночке не действительные раздражения ... до импульса, дающего движение, если эти раздражения достаточно часто следуют друг за другом». «В основе этой способности, очевидно, лежит свойство нервных центров сохранять некоторое время недействовавшие на них точки в скрытой форме» [53].

Большой вклад в дальнейшую разработку принципа суммации внесли С. Эхнер, Ч. С. Шеррингтон, Н. Е. Введенский, А. А. Ухтомский. На основании этого принципа у С. Эхнер сложилось представление о *bahnung*. Ч. С. Шеррингтон сформулировал принцип общего пути, Н. Е. Введенский – представление о короборрации (также развил учение о парабииозе), А. А. Ухтомский – принцип доминанты.

Различают два вида суммации: временную и пространственную. В основе этого разделения эффектов лежит принцип одновременного (симультанного) и последовательного (сукцессивного) прихода возбуждений к разным нервным структурам. Считается, что на уровне нейрона временная суммация осуществляется при условии сукцессивного поступления импульсов в один синапс, а пространственная – при условии одновременного достижения ими разных синаптических образований нейрона. В естественных условиях, однако, оба вида суммации одновременно сосуществуют, поскольку импульсы поступают к нервной клетке ЦНС в виде непрерывного потока сразу к нескольким синапсам.

Известно, что в основе активности любого нейрона (возбуждение или торможение) лежит принцип суммации возбуждений на этой клетке. А именно, на постсинаптической мембране активируемого синапса возникает местная градуальная реакция – возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП), длящаяся дольше ПД. При поступлении последовательных ритмических возбуждений в тот синапс, ВПСП суммируется с новыми воздействиями. Деполяризация постсинаптической мембраны усиливается до критического уровня в результате складывания ВПСП в воронку аксона (аксоном холмике), и генерируется ПД (временная суммация): сначала в воронке аксона, а затем в сомато-дендрической зоне (рис. 11). При одновременном поступлении возбуждений в различные синапсы нейрона суммация ВПСП также приводит к возникновению ПД прежде в воронке аксона (пространственная суммация).

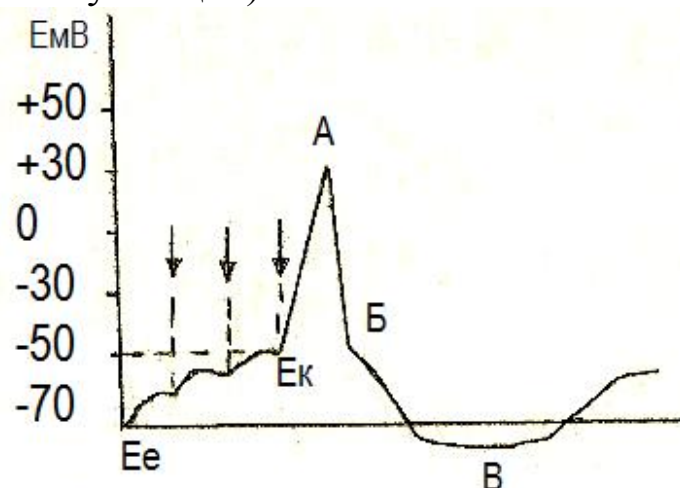


Рис. 11. Суммация возбуждения на постсинаптической мембране нейрона

Таким образом, оба вида суммации ВПСП нейрона приводят к генерации ПД в воронке аксона этой клетки, а в случае ТПСР – за-

держки (торможения). Совместное действие ВПСР сомы и дендритов и ПД воронки аксона может вызывать внутриклеточный соматодендрический потенциал в результате суммации. Следовательно, воронка аксона выступает как интегрирующая зона нейрона.

Из вышеизложенного следует, что величина и качество ответа нейрона определяются процессами суммации локальных возбуждающих потенциалов, происходящих на постсинаптической мембране.

Однако суммация процессов может и происходить в ресинапсе, и выразиться на выходе (аксоне): либо в усилении возбуждения, либо в торможении. Эти явления получили название соответственно посттетанической потенциации и посттетанической депрессии. Было показано, что после тетанизации афферентного нерва (ритмического раздражения) появляется увеличенный синаптический ответ. При этом состояние мышечной клетки не менялось, мембранного потенциала постсинапсов – тоже. Однако увеличивался мембранный потенциал пресинапса. Если измерить эффект сразу после тетанизации, то обнаруживается посттетаническая депрессия, которая связана с глубокой деполяризацией и последующей следовой гиперполяризацией мембраны нейрона. Лишь затем появляется посттетаническая потенциация. Очень частые и очень сильные раздражения вызывают длительную посттетаническую потенциацию.

В настоящее время большинство специалистов-нейрофизиологов считают, что основным механизмом длительной посттетанической потенциации является возрастание эффективности возбуждающих связей, имеющих пресинаптическую локализацию. То есть после тетанизации происходит увеличение количества порций (квантов) передатчика, выбрасываемых пресинапсом на каждый пресинаптический импульс, без изменений самой порции освобождающегося передатчика [26]. Однако в последнее время получены данные, указывающие на участие и постсинаптических механизмов в формировании двигательных посттетанических перестройках суммарных реакций пирамидного тракта после длительной (несколько минут) антидромной тетанизации. Однако сущность этого механизма остается неясной. Фундаментальное изложение современного состояния вопроса о механизмах длительной постсинаптической потенциации в ЦНС представлено в монографии Л. Л. Воронина «Анализ пластических свойств центральной нервной системы» [26]. Анатомиче-

ской предпосылкой пространственной суммации являются конвергенция и дивергенция синаптических связей нейронов.

В заключение необходимо подчеркнуть следующее. Временная суммация происходит при интервалах между стимулами, ограниченными периодом подпороговых или следовых сдвигов мембранного потенциала в сторону деполяризации (при развитии возбуждения) и гиперполяризации (при развитии торможения). Временная суммация обеспечивает необходимую длительность реакции нервных центров. Она может поддерживаться кольцевой связью нейронов. Пространственная суммация, непрерывно меняющаяся, проявляется в одновременном возбуждении или торможении как многих нейронов различных участков мозга, так и многочисленных синапсов на одном нейроне. Способствуя усилению отдельных реакций, суммация вместе с тем играет важную роль в осуществлении координированных реакций организма (по принципу доминанты). В мышце пространственная суммация вызывает усиление сокращений, связанное с увеличением числа возбужденных двигательных единиц (т. е. группа волокон, иннервируемых одним нейроном); временная суммация ведет к образованию тетануса, путем слияния следующих друг за другом одиночных сокращений.

Итак, принцип суммации, утилизируя принцип конвергенции (и дивергенции), определяет эффект взаимодействия возбуждений (и торможений) на уровне нейрона, изменяя его качество – уровень мембранного потенциала. Фактически суммация выполняет многогранную функцию: модулирующую, активирующую, стимулирующую. А именно, суммация, во-первых, осуществляет предварительную подготовку нейрона к действию, изменяя возбудимость постсинаптической мембраны, во-вторых, формирует активность нейронов (генерация ПД), и в-третьих, способствует длительному усилению последующей реакции нейрона на пусковой сигнал, усиливая на длительное время квантовый выход передатчика на пусковой пресинаптический импульс после предварительной тетанизации. Суммация, как узловый рабочий принцип интеграции второго порядка (после конвергенции), создает условия для реализации более высокого уровня интегративности – доминанты.

4.4. Принцип доминанты

Принцип доминанты как один из узловых принципов интеграции функций в центральной нервной системе был сформулирован и

разработан А. А. Ухтомским [61] в 30-е годы XX века. Все представления А.А. Ухтомского по этому вопросу можно обобщить следующим образом.

Доминанта в физиологии – это рабочий принцип центральной нервной системы, определяющий в каждый данный момент вектор поведения системы (организма), в соответствии с ее потребностями и условиями среды, путем привлечения возбуждений в конstellляцию (созвездие) структур с повышенной и стойкой возбудимостью на разнообразных ее этажах и сопряженного торможения конкурирующих возбуждений (реакций), «превращая рефлекторный прибор в данный момент в полносвязанный механизм с одной степенью свободы» и создавая таким образом условия энергетической экономии (оптимальности) деятельности организма в целом.

Прежде всего, необходимо начать с того, что принцип доминанты, в вышеозначенном смысле, обеспечивается целым набором разных по форме и иерархии приемов интегративности ЦНС, выполняющих в данном случае подсобную роль. Это принципы конвергенции, суммации, избыточности, общего пути, многоуровневой организации нервных функций и их прогрессивной цефализации.

Два первых принципа – конвергенция и суммация – были описаны выше. Ниже мы дадим краткую характеристику далее перечисленных принципов, а затем, в процессе изложения содержания принципа доминанты, покажем, как «утилизируются» последним все вышеперечисленные принципы.

Принцип избыточности информации (степеней свободы). Этот принцип определяется избыточностью макро- и микроконструкций центральной нервной системы и переменностью функционального состояния ее макро- и микрозвеньев. Избыточность конструкции проявляется в астрономическом числе нервных и глиальных элементов мозга, дублировании и многоканальности различных форм связей. «Помимо того, что принцип избыточности позволяет обеспечить достаточную надежность работы мозга и его компенсаторные функции, он имеет еще одно существенное значение: благодаря ему значительно повышаются процессы упорядоченности в деятельности мозга» [1].

Как считают Д. Н. Меницкий и В. В. Трубачев [45], «взаимная информация характеризует связность системы, ее упорядоченность и в то же время свойство управляемости: энтропия (мера неопределенности) такой системы меньше суммы энтропии ее элементов». В эво-

люции управляющих систем, по мнению этих авторов, имеет место увеличение информационной избыточности, причем это увеличение реализуется либо в увеличении числа элементов систем, либо в специализации подсистем и их связей, либо в той и другой форме вместе. Адрианов считает [1], что именно последняя форма увеличения избыточности особенно характерна для эволюции млекопитающих.

Избыточность афферентных каналов (вход) уступает место закономерному сужению и четкой детерминации функций эфферентного канала (выход), в результате чего формируется принцип общего пути. Так, по подсчетам Марсо, емкость канала передачи зрительной информации составляет $5 \cdot 10^7$ бит/с, слуховой – $4 \cdot 10^7$ бит/с, тогда как осознанный выход равен всего 50 бит/с. Можно полагать, что значительная часть информации не осознается, а часть ее «входит» в резерв нашей памяти.

Принцип общего пути. По А. А. Ухтомскому, принцип общего пути «есть не что иное, как принцип виртуалы x (от старолат. *virtualis* – возможных) механизмов, последовательно осуществляемых в группе исполнительных путей и органов афферентными импульсами». Этот принцип присущ всем уровням ЦНС и «происходит по необходимости, потому что в любом центральном уровне исполнительных аппаратов меньше, чем претендующих на их эксплуатацию афферентных путей» [61].

Вследствие этого между афферентными и эфферентными приборами складываются отношения, которые дают столько возможных модификаций действия, сколько конвергирующих афферентов. Однако в каждый отдельный момент дается преимущество одной модификации действия из всех возможных путем торможения всех прочих.

Физиологическое значение принципа общего пути – минимизация функций, так как благодаря ему «на одних и тех же конструкциях может быть осуществлено последовательно столько переменных механизмов, сколько есть налицо степеней свободы, каждый же из последовательно осуществляемых механизмов достигается постольку, поскольку активно тормозятся все имеющиеся налицо степени свободы» [61].

Среди общих путей А. А. Ухтомский называет «выдающимися» те, которые связаны с пирамидными клетками кортико-спинальных и кортико-медуллярных путей. Пирамидные клетки обладают особыми качествами строения: большое число синапсов (шипика), наличие возвратных коллатералей, гнездное расположение клеток, что дает

возможность длительно поддерживать и накапливать стационарное возбуждение под влиянием вновь и вновь приходящих импульсов. Таким образом, в пирамидной системе заложена возможность заранее накапливать возбуждение и определять путь дополнительного (пускового) импульса в каждый момент – судьбу общего пути. Эту функцию вектора поведения общего пути выполняет доминанта.

Принцип многоуровневого характера организации функций в ЦНС представляет собой последовательную и все усложняющуюся обработку информации по мере продвижения к корковому уровню мозга. Это усложнение происходит, по-видимому, за счет все большего «интегративного» вмешательства со стороны других систем мозга в процессе обработки внешнего сигнала, по мере его восхождения к конечному мозгу. Поражение ассоциативных систем мозга на конечном телеэнцефалическом уровне приводит к большему дефициту функции, чем повреждение диэнцефального уровня этих систем.

Многоуровневая функциональная организация мозга обеспечивает многоуровневую интеграцию афферентных воздействий каждого из этажей нервной системы с интегративно-пусковыми элементами, которые присущи ему в той или иной степени.

Многоуровневый характер церебральной деятельности позволяет мозгу осуществлять многоуровневое взаимодействие между различными системами мозга на основе прямой и обратной связи. В целостной деятельности многоуровневые системные взаимоотношения, как полагают, осуществляются неспецифическими структурами (неспецифический функциональный блок, по А. Р. Лурия), пронизывающими всю центральную нервную систему по вертикали, от спинного мозга до ассоциативных систем неокортекса. Однако, рассматривая многоуровневость организации функций с системных позиций, видим, что разделение мозга на уровни имеет не абсолютный, а относительный характер (например, участие всех «трех функциональных блоков» ЦНС в организации целостной реакции, по А. Р. Лурия).

Принцип прогрессивной цефализации определяется формированием субординирующих (интегрирующих) влияний (регуляций) вышележащими структурами ЦНС на нижележащие и определенной утратой последними автономии. Однако этот принцип предполагает не простое надстраивание новых уровней интеграции над старыми, а глубокие механизмы трансформации разных уровней, связанные с совершенствованием и усложнением как вертикально, так и горизон-

тально организованных форм структурного и функционального взаимодействия.

Как складывается принцип доминанты?

Доминанта – это, прежде всего, «констелляция структур стойкого возбуждения из самых различных источников». Как образуется стойкое возбуждение? Путем утилизации принципов конвергенции и суммации. Как считает А. А. Ухтомский, одиночные волны возбуждения вызывают устойчивое возбуждение в месте слабой тетанизации структур. По современным представлениям, механизм этого явления объясняется снижением мембранного потенциала нервных структур, приближающего его к критическому уровню. В связи с этим такая структура прежде других может отреагировать не только на пороговые, но и на подпороговые воздействия, что и выражается внешне в привлечении к ним различных возбуждений. По принципу суммации доминанта подкрепляет (питает) себя этими импульсами, особенно подпороговыми. Н. Е. Введенский назвал это подкрепление «корробо-борацией». Эхнер определил его как *bahnung*, Банхофф – *summation*. Подкрепленный очаг обладает инертностью, сохраняясь довольно долгое время. По-видимому, происходит своего рода «фиксация» мембранного потенциала на низкопороговом уровне. Вместе с тем доминанта сопряженно тормозит все конкурирующие (не относящиеся к «делу») возбуждения, усиливая свое «господствующее» положение в ЦНС.

Необходимо заметить, что доминанта не только «генерирует» вокруг себя сопряженное торможение, но и сама формируется с помощью тормозных процессов. По-видимому, в период процесса формирования доминанты принимают участие и так называемое латеральное торможение, и резипроктное торможение *on* и *off* эффектов, с использованием пре- и постсинаптических тормозных механизмов.

«Естественно полагать, что для того, чтобы доминанта могла заявить о себе среди прочих конкурирующих с нею центральных возбуждений, она должна быть достаточно сильна» [62]. Однако не сила возбуждения в доминанте, а целый комплекс свойств определяет ее привилегию. Такими свойствами, по А. А. Ухтомскому [62], являются следующие:

– повышенная возбудимость: порог возбудимости в центре, становясь доминантным, должен быть по крайней мере равен по величине раздражителю, доносящемуся до него в виде дальней волны возбуждения;

- стойкость возбуждения: начавшееся в доминанте возбуждение должно быть не мимолетным по времени;
- способность суммировать возбуждение при данной силе и частоте приходящих волн;
- инерция – сохранение эффекта суммации, необходима для ускорения установившейся доминантной реакции по направлению к ее разрешению;
- сопряженное торможение конкурирующих возбуждений для определения векторности действия доминанты на межцентральные отношения.

Однако и сама доминанта может затормозиться. «Необходимо сказать о торможении, подстерегающем доминанту на ее собственном пути развития. Накопление и суммирование возбуждения в физиологическом приборе может привести к торможению самой доминанты. Нужна весьма тонкая регуляция силы и последовательности возбуждающих импульсов с одной стороны и функционального состояния прибора – с другой, если нужно поддержать определенную направленность действия в механизме на одной и той же высоте» [62].

Физиологическая функция доминанты – определение вектора поведения. А. А. Ухтомский определил доминанту в качестве одного из физиологических механизмов, определяющих вектор поведения. Устойчивый вектор поведения определялся тем, «что... подготовлено предыдущей историей системы и уже само по себе готово в ней к разрешению, разрешается затем по ничтожному, и как кажется, мало подходящему поводу. В этом смысле дальнейшая, кажущаяся неожиданной судьба системы оказывается более или менее адекватным выражением того, что в ней подготовлено, иногда очень давней, прошлой ее историей» [32].

Вот пример устойчивого вектора поведения, определяемого доминантой. «Все мы с детства помним трагический конец Архимеда. Поглощенный своими вычислениями для механизмов, защищающих его город от римского нашествия, он совершенно отоврался от ближайшей к нему действительности, отдаваясь проектируемой действительности будущего. Чертежи и проекты, которыми занят был он на своем дворе, сосредотачивали на себе весь ум, всю его наблюдательность. Сиракузы пали, на двор стали забегать римские солдаты, а Архимед не пытался спастись и хлопотал только о том, чтобы не портили его чертежей. Римляне его убили. Мощная установка исследовате-

ля поглощала великого физика, когда римские войска брали его город» [61].

Принцип доминанты, проявляясь на всех уровнях ЦНС (утилизация принципа многоуровневости функций) с ведущей ролью ее высших отделов (роль принципа цефализации), характеризуется более экономной работой в этом плане. «Чисто кортикальная доминанта, наверное, есть позднейший продукт экономической выработки. Кора – орган возобновления и краткого переживания прежних доминант с меньшей энергией и с целью их экономического сочетания» [62].

По А. А. Ухтомскому, у человека в высших этажах ЦНС – коре больших полушарий – доминанта является физиологической основой внимания и предметного мышления, которые лежат в основе формирования поведения. Она красочно представлена в следующем конкретном примере, в котором показана роль различных фаз развития доминанты в формировании поведения [61].

Первая фаза. Достаточно устойчивая доминанта, наметившаяся в организме под влиянием внутренней секреции рефлекторных влияний и пр., привлекает к себе, в качестве поводов к возбуждению, самые разнообразные рецепции. Например, Наташа Ростова на первом балу в Петербурге: «Он любовался на радостный блеск ее глаз и улыбки, относившиеся не к говоренным речам, а к ее внутреннему счастью... вы видите, как меня выбирают, и я этому рада, и я счастлива, и я всех люблю, и мы с вами все это понимаем, – и еще многое, сказала эта улыбка» (Л. Н. Толстой, «Война и мир»). Стадия укрепления наличной доминанты по преимуществу.

Вторая фаза. Из множества действующих рецепций доминанта вылавливает группу рецепций, которая для нее в особенности биологически интересна. Это стадия выработки адекватного раздражителя для данной доминанты и вместе с тем стадия предметного выделения данного комплекса раздражителей из среды.

«Наташа была молчалива, и не только не была так хороша, как она была на бале, но она была бы дурна, ежели бы она не имела такого кроткого и равнодушного ко всему вида...» Это Наташа у Бергов, по возвращении в Москву. Но вот «князь Андрей с бережливо-нежным выражением стоял перед нею и говорил ей что-то. Она, подняв голову, раздумываясь, и видимо, стараясь удержать порывистое дыхание, смотрела на него. И яркий свет какого-то внутреннего, прежде потушенного огня опять горел в ней. Она вся преобразилась.

Из дурной опять сделалась такою же, какою она была на бале» (там же).

Ранее Наташа возбуждена, красива и счастлива для всех, изнутри, экстенсивна. Теперь она хороша, и возбуждена, и счастливее только для одного князя Андрея – доминанта нашла своего адекватного раздражителя.

Третья фаза. Между доминантой (внутренним состоянием) и данным рецептивным содержанием (комплексом раздражителей) устанавливается прочная («адекватная») связь, так что каждый из контрагентов (внутреннее состояние и внешний образ) будет вызывать и подкреплять исключительно друг друга, тогда как прочная душевная жизнь перейдет к новым текущим задачам и новообразованиям. «Имя князя Андрея тотчас вызывает в Наташе ту, единственную среди прочих, доминанту, которая некогда создала для Наташи князя Андрея. Так определенное состояние ЦНС вызывает для человека индивидуальный образ, а этот образ потом вызывает прежнее состояние ЦНС» [62].

Итак, принцип доминанты – один из узловых принципов интегративности – выполняет биологическую функцию экономизации (оптимизации) энергетических трат организма путем адекватного (в соответствии с потребностями организма и условиями внешней среды) снижения степеней свободы ЦНС в формировании физиологических механизмов любого поведенческого акта, т. е. создает диалектическое единство максимума и минимума: максимума биологического эффекта с минимумом энергетических затрат.

4.5. Принцип временной связи

Принцип временной связи представляет собой следующую после доминанты ступень иерархической лестницы узловых функциональных форм интегративной деятельности мозга. В отличие от доминанты, представляющей собой господствующую в данный момент, достаточно стойкую упорядоченность афферентаций, физиологическая и морфологическая конструкция временной связи – более сложное трехзвенное гибкое образование, состоящее из афферентного, центрального и эфферентного звеньев. Временная связь – это уже универсальная элементарная функциональная организация мозга («кирпича»), на которой зиждется следующий уровень интеграции – система. Эта функциональная организация может рассматриваться как элементарная универсальная форма, правило поведения мозга,

принцип гибкого взаимодействия организма с изменяющейся по вероятностному принципу средой.

Принцип рефлекса, лежащий в основе взаимоотношений организма и среды, был впервые сформулирован Р. Декартом в XVII веке. И. М. Сеченов в XIX веке распространил этот принцип на работу головного мозга (сознания). И. П. Павлов в XX веке сформулировал представление о механизме временной связи (условного рефлекса), которая, по его мнению, является основным, наиболее совершенным взаимодействием организма со средой, универсальным элементарным кирпичиком психической деятельности.

Раскрывая сущность этого механизма, И. П. Павлов называл его рабочим принципом больших полушарий головного мозга. «Условные рефлексы в павловском понимании – не столько кирпичики, сколько принцип, по которому осуществляются накопление и переработка информации мозгом» [25].

Как и принцип доминанты, принцип временной связи обеспечивается разными рабочими формами (средствами) интегративности, которые выполняют подсобную роль в данной ситуации. Принцип временной связи «утилизировать» следующие принципы функциональной интеграции конвергенции (и дивергенции), суммации, избыточности информации, общего пути, многоуровневой организации нервных функций и их прогрессивной цефализации, доминанты. Содержание вышеупомянутых принципов изложено в предыдущих разделах.

Кроме того, в формировании принципа временной связи важную роль играет принцип особой конструкции: диалектического единства гибких и жестких связей, иерархии церебральных систем (конструкций), особой нейронной организации неокортекса в виде «микроскопических комбинационных центров», а также – принцип мультифункциональности.

Коротко остановимся на изложении упомянутых принципов интегративности мозга, а затем перейдем к детальному рассмотрению принципа временной связи.

Принцип единства жестких и гибких связей мозговых структур. Жесткие связи – это стабильные, генетически детерминированные формы нервных связей, которые реализуются в достаточно жестких формах конструкции «мозгового каркаса» и составляющих его макроврожденные рефлексы и микросложные модули блоков и ансамблей. Гибкие связи – это те же конструкции, которые «могут вы-

ступать в форме динамической ансамблевой организации мозга», т. е. в этом случае жесткие макро- и микроблоки, ансамбли, взаимодействуют в разных комбинациях, в зависимости от условий среды и потребностей организма.

Несмотря на относительную жесткость мозговых конструкций, все же можно назвать в известной степени жесткими все афферентные и эфферентные системы на уровне специфических (первичных) таламокортикальных проекций и в структурах, лежащих ниже этого уровня. Межкорковые и таламокортикальные взаимосвязи, особенно на уровне ассоциативных зон, имеют гибкий (вероятностный) характер [1; 18 и др.].

Принцип горизонтально и вертикально организованной иерархии церебральных систем. Горизонтальная иерархия выражается, прежде всего, разделением систем мозга на проекционные, ассоциативные и интегративно-пусковые. Но иерархия этим не ограничивается. Имеет место дальнейшая иерархическая дифференциация внутри каждой системы. Общеизвестно, например, существование различных полей проекционных областей коры; подразделение, особенно у приматов и человека, ассоциативных и интегративно-пусковых областей неокортекса на различные в иерархическом отношении формации.

Вышеотмеченные уровни иерархии структур связаны между собой горизонтальными системами ассоциативных связей, которые особенно развиты у приматов и человека и также построены на принципе иерархии. Раздельно существующие каналы горизонтальных связей сходятся в своих конечных инстанциях – интегративно-пусковых структурах.

Вертикально организованными системами, различными по своей иерархии, можно считать таламокортикальные взаимодействия [1; 18], взаимоотношения между пирамидной и экстрапирамидной системами, между отдельными уровнями экстрапирамидной и лимбической систем и т. д.

Рассмотренная иерархия отношений имеет не абсолютный, а относительный характер, т. к. на многих иерархических уровнях «разсеяны» структуры нижележащих. В результате «каждая из иерархических структур может нести в себе определенные черты другой иерархической структуры, но в соответствии со своей основной функциональной прерогативой», т. е. не утрачивает своей специфики. О. С. Адрианов считает, что пусковые элементы корковых уровней сенсорных систем призваны, прежде всего, обеспечивать лучшую об-

работку информации именно в этих системах. Приход специфической афферентации в ассоциативные и интегративно-пусковые области коры, по мнению О. С. Адрианова, создает предпосылки для усиления основного «функционального фонда» этих систем, для более действенной основы афферентного синтеза и последующей предпусковой интеграции в эфферентных пирамидных нейронах.

Принцип особой нейронной организации неокортекса в виде «микроскопических комбинационных центров», обеспечивающих «функциональную мозаику коры» [1]. Это, прежде всего, определенные скопления (конгломераты) звездчатых клеток с короткими аксонами с основной массой эфферентных нейронов.

Принцип мультифункциональности. Этот принцип означает участие одних и тех же структур мозга в различных по характеру функциях и системных реакциях. Такой тип мультифункциональности особенно характерен для образования лимбической системы (гипоталамус, гиппокамп, миндалина) и ассоциативных таламокортикальных систем (таламофронтальная и таламопариетальная).

Мультифункциональность, по-видимому, связана с многоканальностью конструкции сенсорных систем [1]. Сущность этого заключается в том, что одни каналы сенсорной системы связаны с проведением основной специфической импульсации, тогда как другие имеют отношение к обеспечению каких-то, пока еще не всегда ясных в информационном аспекте, сигнализаций. Классическим примером такой конструкции является зрительная система. О. С. Адрианов [1] подчеркивает, что «принцип мультифункциональности ничего общего не имеет со взглядами на равноценность (эквипотенциальность) коры мозга».

Вернемся к содержанию принципа временной связи. Принцип временной связи позволяет установить гибкие связи организма с постоянно изменяющейся по вероятностному принципу средой и связанную с этим гибкую взаимосвязь функций организма. Реализуется временная связь на базе принципа диалектического единства жестких и гибких связей церебральных конструкций.

А именно, временные связи образуются на базе таких крупных жестких церебральных блоков, как безусловные рефлексы. Безусловные рефлексы представляют собой постоянные, общие для вида связи со средой, в случае сохранения ее постоянства. Реализуются эти связи через жесткие нервные конструкции на всех уровнях организации

ЦНС. А с усложнением среды эти связи образуются с ведущей ролью коры больших полушарий головного мозга.

Временные или условные связи (рефлексы). Это характерные для индивидуума связи с изменяющейся по вероятностному принципу средой, которые реализуются с помощью гибких нервных конструкций на всех уровнях организации ЦНС с ведущей ролью коры больших полушарий головного мозга. Таким образом, оба вида рефлексов (связей) подчиняются принципу многоуровневости и прогрессивной цефализации функций. Однако цефализация на этом уровне не только приводит к усложнению связей организма со средой (корковые безусловные рефлексы), но и способствует появлению нового принципа – сигнальности коры – на основе механизма образования временных связей (условных рефлексов). Сигнальность на этом уровне можно рассматривать как элементарную форму опережающего отражения мозгом действительности (прообраз принципа опережающего отражения, по Анохину). Принцип сигнальности способствует более тонкому, совершенному взаимодействию организма со средой, т. к. он обеспечивает предварительную его подготовку для встречи с реально возникающими в проекции событиями.

Если с нервными конструкциями, лежащими в основе безусловных рефлексов, особь рождается, то нервные конструкции, определяющие временные связи, вновь создаются путем «сборки» врожденных конструкций в новые комбинации с использованием имеющихся в распоряжении неокортекса гибких связей. Временные конструкции сооружаются в зависимости от условий, комбинируя готовые, врожденные блоки (механизмы) подобно тому, как архитектор создает разные строительные объекты из одинакового готового материала (кирпичей, панелей, блоков) в соответствии с условиями, которые ставятся перед ним. Иными словами, функциональная и морфологическая «архитектура» временных конструкций зависит от характера условного (в начале индифферентного) сигнала и безусловного подкрепления, а ее прочность (сила) – от биологической значимости безусловного подкрепления и вероятности его совпадения с условным раздражителем.

В формировании временной связи подготовительную роль играют принципы конвергенции (дивергенции), суммация и доминанта. Создавшаяся на базе потребности организма (например, пищевой), с использованием двух первых принципов, доминанта в церебральных структурах представительства безусловного подкрепления определя-

ет вектор поведения возбуждений из структур, воспринимающих совпадающий с ним во времени, индифферентный данной доминанте раздражитель, направляя их в воронку этого представительства, и сопряженно тормозит конкурирующие возбуждения, не относящиеся к безусловному рефлексу. При высоком уровне вероятности подкрепления условного раздражителя безусловным формируется временная связь, которая, при сохранении этих же условий (повторения подкрепления), проходит ряд стадий: генерализация (перебор степеней свободы на основе принципа избыточности), специализация (ограничение степеней свободы на основе принципа доминанты). Стадия автоматизации условного рефлекса характеризуется минимумом адекватных, центральных афферентных-эфферентных связей. Церебральный механизм автоматизированной временной связи представляет собой сбалансированную пространственно-временную мозаику возбуждений и торможений, регулирующую вход и выход возбуждений в ЦНС соответственно условиям среды и безусловному подкреплению.

Таким образом, принцип временной связи обеспечивает в конкретных условиях минимизацию связей в церебральных механизмах, которая выражается, прежде всего, в сужении афферентации. Это следует рассматривать как прием оптимизации церебральных функций, определяющих поведение организма.

Однако оптимизация взаимодействия организма с внешней средой с помощью принципа временной связи не ограничивается только этим. Она определяется и минимизацией ответных связей со средой, проявляющейся в ее адекватности безусловному подкреплению. Это достигается гибкостью временной связи – ее способностью видоизменяться в виде: 1 – торможения наличной связи, если вероятность ее подкрепления слишком мала или равна нулю; 2 – образования новой связи на базе того же подкрепления другого раздражителя или на базе нового подкрепления того же раздражителя (утилизация принципа многофункциональности).

И наконец, оптимизация взаимодействия организма с изменяющейся внешней средой на основе временной связи осуществляется еще и в проявлении принципа сигнальности – проекции в будущее, выражающегося не только в предупреждении особи о наступлении событий в будущем, но и в приведении в готовность функции организма с целью адекватного и наиболее эффективного ответа на сигнализированное событие. Принцип сигнальности, как уже указывалось

выше, является прообразом принципа «опережающего отражения» (по Анохину), мозгом действительности.

Таким образом, принцип временной связи, будучи одним из узловых уровней интегративности мозга, является не чем иным, как принципом оптимизации, сводящим гибкое взаимодействие организма с постоянно изменяющейся средой до минимума исполнителей и минимума взаимодействия со средой. Формируя принцип сигнальности, временная связь также позволяет мозгу не только предвидеть и проектировать среду, но и подготовить организм к адекватному взаимодействию с ней, т. е. к максимуму полезного результата.

Вместе с тем принцип временной связи не в состоянии обеспечить целостного поведенческого акта, формирующегося срочно или длительно, с целью удовлетворения доминирующей потребности (биологической или социальной). Элементарным универсальным принципом такого взаимодействия организма со средой является функциональная система. Принцип функциональной системы является следующим после временной связи уровнем интегративности в иерархии приемов упорядоченности функций мозга.

4.6. Принцип функциональности системы

Этот принцип был сформулирован П. К. Анохиным в 1932–1935 гг. Он гласит: «Функциональная система – это избирательное интегративное образование целого организма. Она является подлинной единицей интеграции, создающейся при динамическом формировании любой качественной очередной деятельности целостного организма. Функциональная система как материальное образование является избирательным центрально-периферическим образованием, а не только собственно образованием центральной нервной системы, как часто думают» [4].

Таким образом, если временная связь является элементарной универсальной единицей интегративности мозга, то функциональную систему следует рассматривать как элементарное универсальное образование целого организма. П. К. Анохин считает, что «функциональная система – это единица интегративной деятельности организма». Она представляет собой конкретный физиологический аппарат саморегуляции. Вторым кардинальным отличием функциональной системы от принципа временной связи является то, что логика ее поведения подчинена цели достижения необходимого для организма результата. И третьим отличием следует считать то, что системообра-

зующим фактором функциональной системы является результат, необходимый для удовлетворения доминирующей потребности организма, – полезный результат.

Поскольку функциональная система начинается с цели, то попытаемся изложить ее содержание с определения: что такое цель? И нужно ли ее отличать от понятия «целесообразность»?

На оба вопроса нельзя ответить однозначно. Согласно точке зрения Б. С. Украинцева [29], при рассмотрении термина «целесообразность» полезно размежевание двух понятий, выражающих различные феномены: во-первых, понятия так называемой «целесообразности» организации живых систем и, во-вторых, понятия цели или целеполагания как принципа функционирования этих систем.

Термином «целесообразность» обычно обозначается тонкая дифференциация, сопряженность функционирования элементов живых систем, их удивительная приспособленность к внешним условиям. В таком значении термин «целесообразность» выражает лишь внешнюю, кажущуюся сторону явления, а не его суть. Если в древности догадывались, что «целесообразность» возникает стихийно, то окончательное признание эта мысль получила после создания Ч. Дарвиным теории происхождения видов. Согласно этой теории, то, что мы называем целесообразными в строении живых организмов, возникло не сообразно какой-то цели (внешней или внутренней), а в результате естественного отбора, в ходе долгой эволюции живой материи, когда отбрасывались неудачные «конструкции» и сохранялись только те немногие, которые случайно обладали большими приспособительными возможностями. Таким образом, явление целесообразности в животном и растительном мире ничего общего с феноменом цели не имеет.

Цель – это один из принципов самовыдвижения функциональной системы. Принцип цели, целеполагания, возник вместе с появлением первых функциональных систем. Этот принцип выражает функциональное явление, присущее самовыдвижению отдельных функциональных систем. Развитие того же вида и его изменение совершаются без какого бы то ни было внутривидового целеполагания, в ходе естественного отбора.

Цель, по мнению Б. С. Украинцева [29], следует рассматривать как специфическую внутреннюю причину направленного поведения функциональной системы для достижения определенного, необходимого для ее жизнедеятельности, т. е. полезного результата.

Таким образом, понятие цели отображает функциональное явление, а именно, цель – это функциональный инвариант самоуправления системы, т. е. то, к чему система стремится в процессе своего функционирования, и то, что одновременно является устойчивым ее параметром. В этом смысле цель является продуктом предшествующего развития системы (в онто- и филогенетическом аспектах), причем таким продуктом, который выражает тенденцию самодвижения систем. Эта тенденция становится целью системы только тогда, когда вероятность ее появления становится высокой. В этом случае тенденция становится «постоянной» и выступает уже как внутренняя причина саморазвития, самодвижения системы. Эта причина и побуждает систему действовать для достижения определенного полезного результата, необходимого для жизнеобеспечения и развития системы. Из этого вытекает, как пишет Б. С.Украинцев [29], что цель не тождественна будущему результату развития функциональной системы, а она есть фиксация некоторой реальной возможности достижения этого будущего. Отсюда и проистекает расщепление цели на исходную цель – вероятность желаемого результата – и цель реализованную – осуществленную вероятность, т. е. превращенную в действительность. Цель исходящая – это целеполагание, а цель реализованная – это целеосуществление, и они находятся в диалектическом единстве. Диалектика целеполагания и целеосуществления – это переход от исходной цели к будущему посредством превращения наличной тенденции в действительное явление, переход от целевой причины к следствию.

Простейшим примером расщепления цели на исходящую и реализованную и их диалектики может служить функциональный инвариант гомеостаза. Например, с одной стороны, исходная цель – сохранение какого-то параметра гомеостаза – выполняет служебную роль. С другой стороны, функциональный инвариант есть действительное состояние системы в какое-то мгновение, нарушаемое в это же мгновение. Таким образом, происходит непрерывное превращение возможности сохранения параметра системы в действительность с одновременным непрерывным разрушением этой действительности и возобновления возможности сохранения значения этого параметра. Гомеостаз функционирует при условии непрерывного нарушения этого функционирования внешней средой.

Цель является не только выражением тенденции самодвижения системы, но и выражением того, что необходимо системе для ее

функционирования и развития. Цель – внутренняя причина, но она неразрывно связана с категорией «отражение». Цель формируется путем отображения функциональной системой внутренних и внешних условий ее самодвижения и является одним из видов специфического для функциональных систем отражения, которое Анохин назвал опережающим. Как всякое опережающее отражение, цель имеет вероятностный характер. Она рискует не стать действительностью, т. к. могут произойти случайные события между целеполаганием и целеосуществлением.

Что же касается перехода от исходной цели к реализованной, то их может быть два: 1 – эквифинальный выбор поведения системы, когда под воздействием внешних причин целевая внутренняя причина будет приводить в основном к одинаковым следствиям (выбор при регуляции гомеостаза); 2 – полифинальный выбор, когда при действии одной внешней причины внутренняя целевая причина системы с одинаковым для нее успехом может приводить к различным следствиям (выбор при регуляции поведения). Простейшим примером полифинального выбора может служить выбор голодным животным одного или двух равновеликих кусков пищи, лежащих перед ним на одинаковом расстоянии справа и слева. Полифинальный выбор отличается неоднозначной связью системной причины с ее следствием. А именно, целевое причинение характеризуется относительной свободой выбора следствия, вероятностью. В результате возникает проблема адекватности выбора. Выбор может быть удачным, в смысле наибольшего соответствия как внутренней целевой причине, так и внешней причине, и менее удачным. Менее удачный выбор все же приведет к осуществлению исходной цели, хотя и недостаточно полному.

Как следует рассматривать формирование функциональной системы сквозь призму перехода целеполагания в целеосуществление?

Формирование функциональной системы подчиняется диалектическому единству целеполагания и целеосуществления. Исходной целью функциональной системы является необходимость в получении биологически или социально значимого результата, а реализованная цель – достижение этого результата, т. е. удовлетворение потребности. «Своеобразие системы заключается в том, что потребность в каком-либо полезном результате и цель получения этого результата зреют внутри системы, в глубине ее метаболических и гормональных процессов, и только лишь после этого по нервным «при-

водным ремням» эта потребность реализуется в поведенческих актах» [4].

Реализация потребности в процессе формирования функциональной системы любого поведенческого акта проходит несколько стадий. Прежде всего, потребность переходит в мотивацию, (целенаправленную) потребность. Если мотивация доминирует, то она принимает участие в отборе организмом нужной информации извне и изнутри. Во внешней среде это будет обстановочная и пусковая информация, адекватная мотивации, во внутренней – память о прошлом опыте в виде следов программ поведения по удовлетворению данной потребности, приобретенных в фило- и онтогенезе. И наконец, сама доминирующая мотивация – целенаправленная информация (афферентация) о потребности организма. В результате совпадения во времени по крайней мере четырех вышеотмеченных видов афферентаций – доминирующей мотивации, памяти о прошлом фило- и онтогенетическом опыте, обстановочной и пусковой афферентации – осуществляется их взаимодействие. На уровне нейрона это взаимодействие осуществляет их взаимосодействие. На уровне нейрона это взаимодействие осуществляется по принципу конвергенции возбуждений на одной клетке. Эта стадия формирования функциональной системы получила название афферентного синтеза.

Согласно представлениям П. К. Анохина, характерной особенностью функциональной системы является то, что в стадии афферентного синтеза происходит согласование компонентов в виде их взаимосодействия, при котором усилия кооперации компонентов множеств направлены на получение конечного результата. Это значит, что всякий компонент может войти в систему и должен немедленно исключить все те степени свободы, которые мешают или не помогают получению полезного результата данной системы. И наоборот, он максимально использует именно те степени свободы, которые, в той или иной мере, содействуют получению конечного полезного результата.

Таким образом, процесс освобождения нейрона от избыточности степеней свободы и определение полезного результата осуществляются в стадии афферентного синтеза. Афферентный синтез, подчиняясь доминирующей в данный момент мотивации и под коррекцией памяти, ведет такой подбор всевозможных степеней свободы, который приводит систему к принятию решения о том, какой результат должен быть получен в данный момент, он же обеспечивает поста-

новку цели получения этого полезного результата, достижению которой и будет подчинена последующая логика поведения функциональной системы.

Что же такое «понятие решения»? С физиологической точки зрения, это выбор наиболее подходящих степеней свободы в тех компонентах системы, которые должны составить рабочую часть системы и определить результат действия. Принятие решения и постановка цели – следующая стадия формирования функциональной системы. Последние данные заставляют думать, что в стадии афферентного синтеза складывается несколько возможных результатов действия, но они не выходят на афферентные пути для их реализации. Почему? Для этого необходим наиболее адекватный выбор результата действия. Чем определяется адекватность выбора? Решение совершается после того, как произведен выбор наиболее адекватного результата по отношению к данной доминирующей мотивации. Следовательно, адекватность выбора определяется доминирующей мотивацией.

Итак, на основании господствующей целенаправленной потребности произведен адекватный выбор степеней свободы подсистем всей системы. Что это такое? Это не что иное как комплекс возбуждений тех структур (степеней свободы), которые могут внести наибольший вклад в получение полезного результата.

Следующая стадия системы заключается в том, что вышеотмеченный комплекс возбуждений формирует две нервные модели будущего результата: афферентную модель – афферентный интеграл в форме акцептора действия (акцептор от лат. *acceptue* – принятый) и эфферентную модель – эфферентный интеграл в виде программы действия. В акцепторе действия программируются афферентные признаки будущего полезного результата, а в программе действия – его эфферентные признаки. В результате первая нервная модель приобретает способность принимать и перерабатывать афферентацию о признаках будущего полезного действия, а вторая – запускать и регулировать само действие. На основе такого принципа формирования акцептора действия, он начинает функционировать раньше, чем совершится само действие, т. е. раньше того момента, когда возможность полезного результата превратится в действительность. Поэтому отражение в акцепторе действия афферентных признаков будущего полезного результата носит опережающий характер. Так формируется принцип опережающего отражения, на основе которого образуется исходная цель функциональной системы.

Какую функцию выполняет акцептор действия? Акцептор действия является сложным аппаратом. По сути дела, он должен сформировать какие-то тонкие нервные механизмы, которые позволяют не только прогнозировать признаки необходимого в данный момент результата, но и сличить их с параметрами реального результата, информация о которых приходит к акцептору результатов действия благодаря обратной афферентации. Именно этот механизм дает единственную возможность организму исправить ошибку поведения или довести поведенческие реакции до совершенных. Поиски полезного результата могут привести к полезному результату через такого рода оценку обратной афферентации. Циркулярное развитие этих возбуждений при узнавании и поиске может быть столь быстрым, что каждый блок этой функции, состоящий из компонентов: результат – обратная афферентация – сличение и оценка реальных результатов в акцепторе результатов действия – коррекция – новый результат и т. д. – может развиваться буквально в долях секунды [4].

По мнению П. К. Анохина, центральные аппараты, выполняющие роль акцептора действия, «создаются динамически, вместе с формированием функциональной системы, будучи приспособленными каждый раз для решения какой-либо новой задачи».

Итак, «акцептор действия», прогнозируя будущий полезный результат, контролирует реализацию этого прогноза по механизму обратной связи – обратной афферентации признаков параметров полученного результата. При несоответствии результата прогнозу в аппарате сличения (акцептора действия) возникает рассогласование, запускающее ориентировочно-исследовательскую реакцию, которая на основе деятельности «блока активации» (по А. Р. Лурия), повышая тонус соответствующих структур мозга, способствует активному подбору дополнительной информации и формированию новой функциональной системы по вышеописанному принципу. На рис. 12 представлена схема общей архитектуры функциональной системы по П. К. Анохину.

Таким образом, принцип диалектического единства целеполагания (результата в возможности) и целеосуществления (результата в действительности) лежит в основе функционирования саморегулирующих систем, в частности, систем механизма любого поведенческого акта высокоорганизованных животных и человека. На примере формирования функциональной системы мы можем убедиться, что целеполагание и целеосуществление представляют собой единый и

довольно динамический процесс, в котором целевое причинение (целеполагание) и следствие (целеосуществление) вовлечены в кольцевое взаимодействие. В этом кольцевом взаимодействии двух сторон единого процесса цель носит всякий раз опережающий характер. Она формирует систему, запускает и регулирует ее. Вместе с тем цель рождается внутри системы как следствие отражения функциональной системой внутренних и внешних условий ее самодвижения. Следовательно, цель – это не что-то застывшее и вечно существующее. А это явление динамичное, развивающееся, отражающее потребности системы, и в то же время явление революционизирующее, побуждающее систему прогрессировать, совершенствоваться в результате взаимодействия с окружающей средой. Движение целеполагания и целеосуществления в процессе перехода от одного поведенческого акта к другому для достижения отдаленной цели осуществляется по спирали. Это особенно наглядно можно демонстрировать, если принять за основу концепцию системного квантования поведения, сформулированную К. В. Судаковым [57].

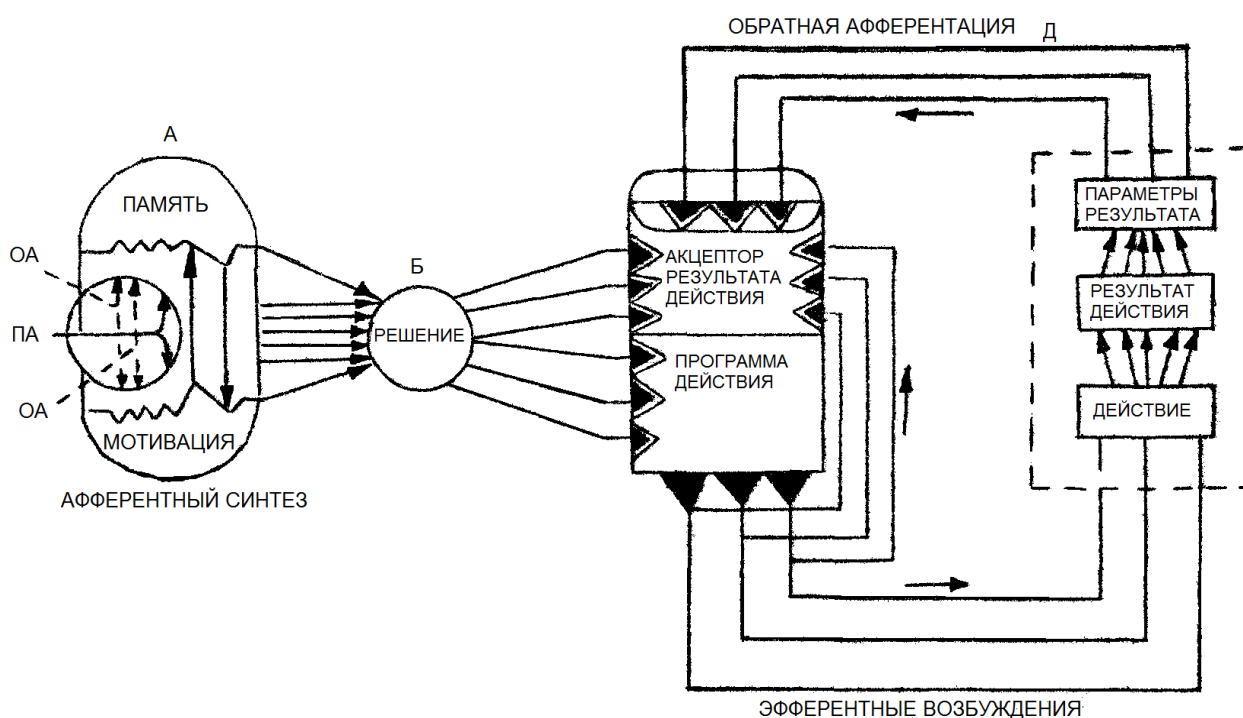


Рис. 12. Общая схема архитектуры функциональной системы по П. К. Анохину:
ОА – обстановочная афферентация, ПА – пусковая афферентация

Сущность этой концепции заключается в том, что общий континуум (от лат. *continuum* – непрерывное) поведения подразделяется автором на дискретные отрезки, направленные на удовлетворение ве-

душих социальных и биологических потребностей человека и животных. «Кванты» поведения включают соответствующие потребности организма, возникновение на ее основе доминирующей мотивации, целенаправленную деятельность по удовлетворению данной потребности, этапные и конечные результаты деятельности и их постоянную оценку за счет обратной афферентации. Каждый «квант» поведения определяется деятельностью специфической функциональной системы. Центральная архитектура любого «кванта» поведения изоморфна и включает все системные механизмы, установленные П. К. Анохиным: афферентный синтез, принятие решения, акцептор результата действия, эфферентный синтез и постоянное сравнение параметров достигнутых результатов с акцептором результатов действия с помощью обратной афферентации. На рис. 13 представлена схема отдельного «кванта» поведенческой деятельности. Подробное изложение концепции представлено в соответствующей работе К. В. Судакова [57]. Далее автор развивает мысль о жестком и гибком квантовании поведения. Жесткое (врожденное) квантование характеризуется тем, что все составные компоненты «кванта», включая целенаправленную деятельность, жестко генетически детерминированы. Животные, чье поведение осуществляется на основе генетически обусловленных «квантов», для удовлетворения своих ведущих биологических потребностей не нуждаются в специальном обучении. Их деятельность успешно развивается при наличии в окружающей среде специальных, так называемых ключевых, раздражителей. Врожденное квантование поведения – пример приспособления живых существ к относительно стабильным условиям существования, к специальной жесткой окружающей «обстановочной нише». Подобную деятельность живых существ, основанную на генетически детерминированных квантах поведения, К. В. Судаков [57] рассматривает как инстинктивную.

Приобретенное гибкое квантование поведения происходит в изменяющейся среде. В этих условиях квантование поведенческой деятельности формируется путем обучения животных. При этом генетические механизмы составляют только изначальный, довольно бедный скелет таких «квантов» (генетические механизмы биологических мотиваций). В процессе обучения идет обогащение «квантов» поведенческой деятельности. «Процесс обучения в первую очередь затрагивает механизмы предвидения результатов, удовлетворяющих ведущие потребности организма, а также совершенствование способов и средств достижения результатов» [57]. Для формирования этого вида

системного квантования поведения организм утилизирует принцип временной связи. На основе этого принципа в процессе обучения обогащается акцептор действия, а следовательно, и само поведение. Принцип временной связи обеспечивает динамичность, а иногда и временный характер программирования поведения.

По характеру организации К. В. Судаков выделяет несколько видов квантования поведения: последовательное и иерархическое. Последовательное квантование поведения состоит в последовательной смене отдельных поведенческих квантов различного значения. В этом случае удовлетворение одной потребности приводит к формированию следующей и т. д. (рис. 14). Примером последовательного квантования поведения может служить конвейерная операция, выполняемая человеком. Иерархическое квантование поведения выражается в том, что удовлетворение ведущей потребности осуществляется посредством промежуточных удовлетворений, объединенных в иерархический ряд (рис. 14), и процесс может растянуться во времени. Примером может служить конструирование человеком любого изделия, когда для создания конечного продукта необходимо решить ряд промежуточных задач.

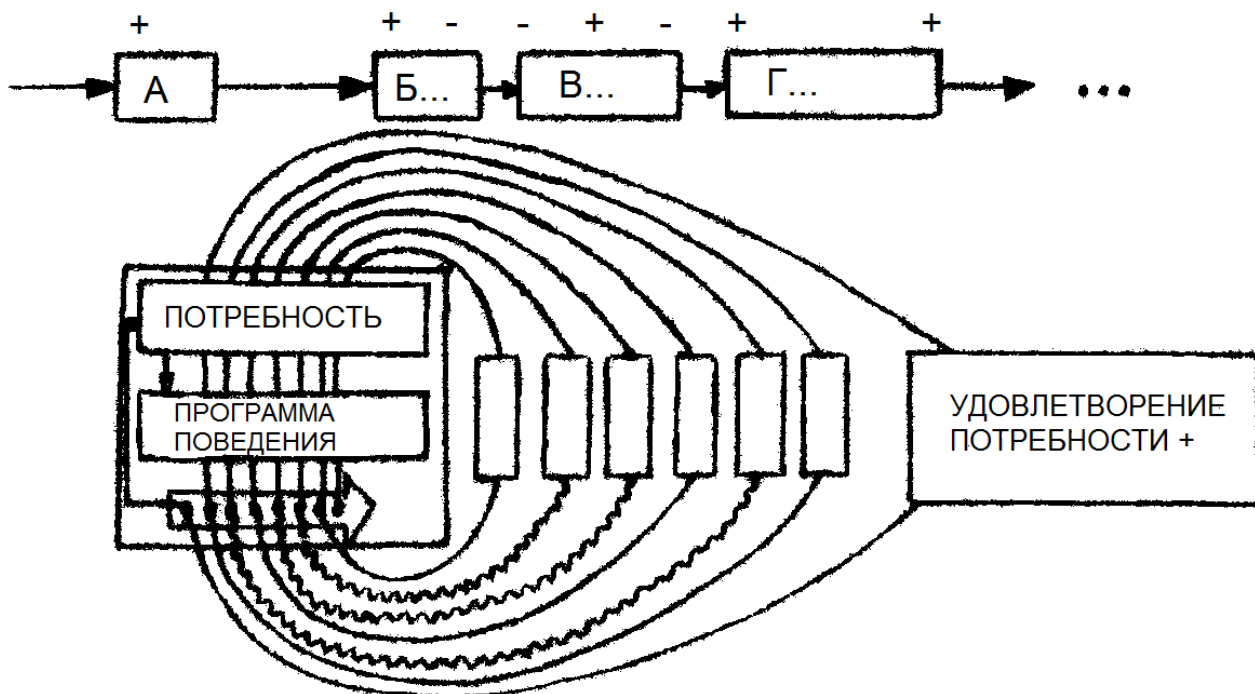


Рис. 13. Схема отдельного «кванта» поведенческой деятельности (по К. В. Судакову): А, Б, В, Г – события внешнего мира; Р1 – Р6 – промежуточные положительные (+) и отрицательные (–) результаты поведения

Итак, мы изложили сущность представлений о функциональной системе как «функциональной единице» организации целенаправленного поведения, которые развиваются в научной школе П. К. Анохина. Однако, наряду с вышеизложенной концепцией по этому вопросу, в литературе имеются сведения о других трактовках понятия «функциональная единица» поведения. Это, прежде всего, касается представлений П. В. Симонова [54] и А. С. Батуева [18].

Принцип системы как высшей формы в иерархическом ряду интегративности А. С. Батуев рассматривает с позиций системно-структурного подхода. Взгляды автора по этой проблеме систематизированы им в монографии «Высшие интегративные системы мозга». В самой общей форме основными задачами системно-структурного подхода А. С. Батуев считает определение: 1) исходных элементов структуры; 2) характера системообразующих связей; 3) формирования ее входов и выходов; 4) условий и границ существования структуры. Определяющим звеном функциональной структуры (системы) автор считает программирование [18].

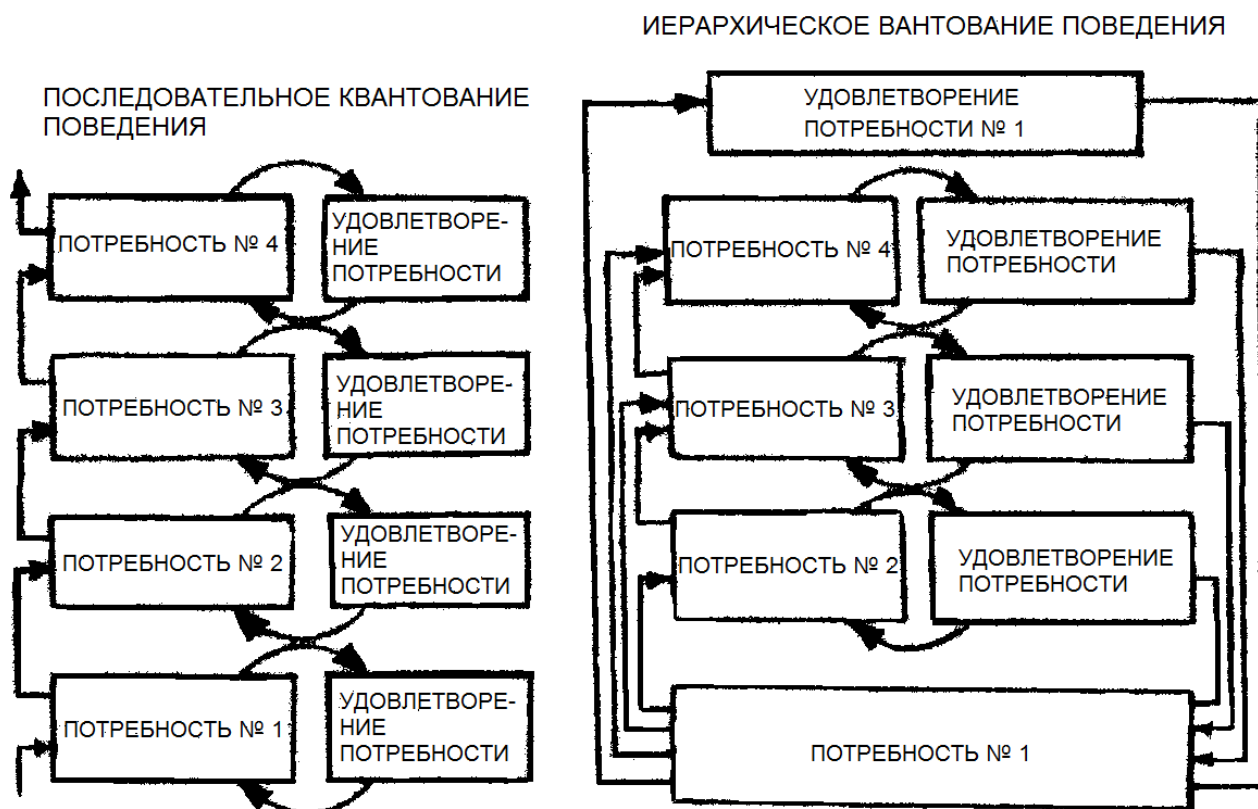


Рис. 14. Разные формы квантования поведения (по К. В. Судакову)

Пользуясь достигнутыми результатами биологических наук, результатами собственных исследований и руководимого им коллектива, А. С. Батуев, с одной стороны, развивает дальше и конкретизирует основные положения концепции функциональной системы П. К. Анохина, с другой – вносит принципиальные поправки. В итоге автор предлагает свой вариант функциональной структуры целенаправленного поведенческого акта (рис. 15).

Как пишет А. С. Батуев, «П. К. Анохин (1961 г.) считал, что специфика биологической формы отражения связана с опережающим отражением, активность которого может быть правильно понята только на основе учета диалектики соотношений внешней среды и внутреннего состояния организма, определяемого доминирующей потребностью. Формулируя концепцию функциональных систем, П. К. Анохин предложил рассматривать в составе операционной архитектоники функциональной системы поведенческого акта в качестве самостоятельного элемента «акцептор результатов действия», в котором как бы заложена модель или программа действия. По-видимому, П. К. Анохин под этим имел в виду афферентную «программу действия», которую предлагает теперь отличать от «эфферентного синтеза» [18].

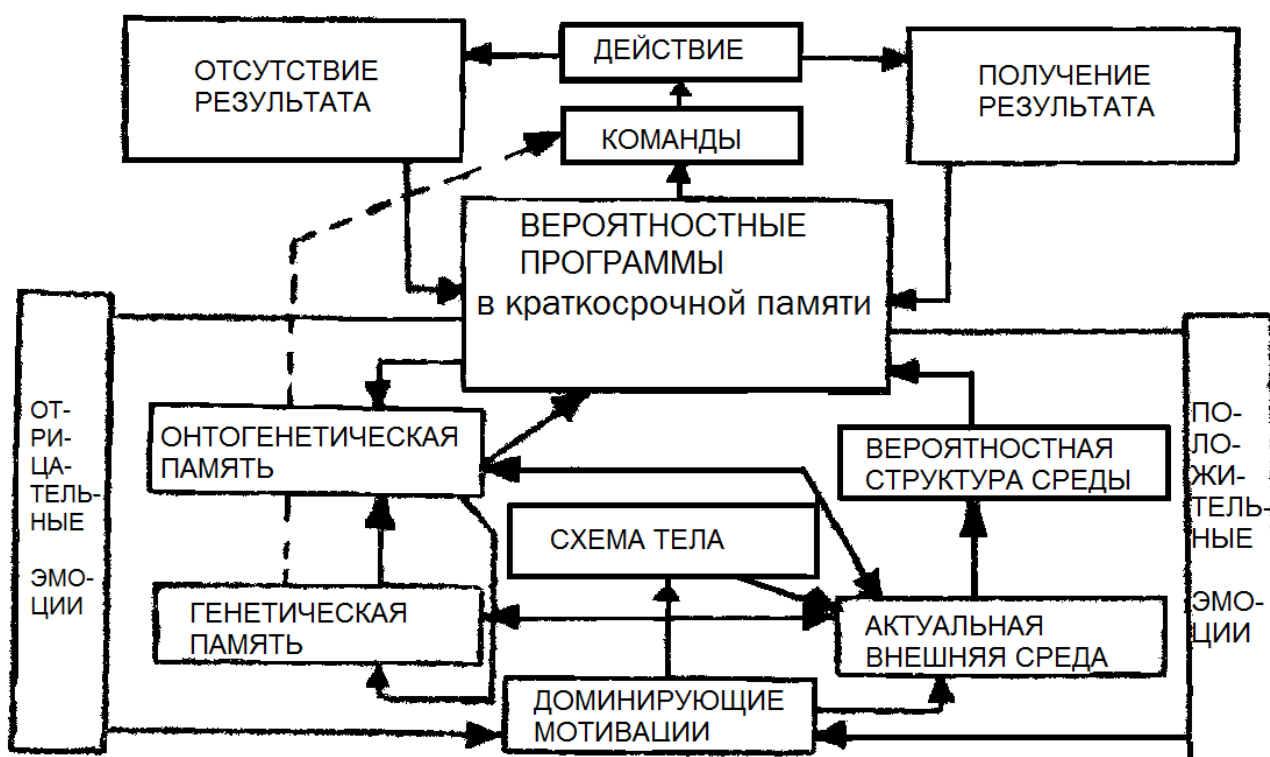


Рис. 15. Функциональная структура целенаправленного поведенческого акта (по А. С. Батуеву)

А. С. Батуев ставит задачу конкретизировать такие понятия, как «акцептор результатов действия» и запрограммированные «параметры результатов».

Прежде всего, автор не согласен с представлением о жестком программировании поведенческих актов вплоть до параметров результата и утверждает, что «полезный эффект от такого предвосхищающего поведения имеет вероятностный характер».

Вторым моментом является нетрадиционное решение А. С. Батуевым вопроса оценки системной полезности достигнутого результата. Не упоминая принцип обратной связи (по-видимому, отрицая этот механизм в данном процессе), А. С. Батуев считает, что основой оценки достигнутого результата является механизм эмоций.

Третьим моментом выступает то, что А. С. Батуев выдвигает в качестве системообразующего фактора не полезный результат, как считает Анохин, а доминирующую мотивацию. А в качестве полезного результата поведенческого акта он признал удовлетворение потребности, приводящее к изменению мотивации.

И наконец, А. С. Батуев делает успешную попытку раскрытия механизма программирующей деятельности мозга. Рассматривая программирование как функцию всего мозга, он определяет ведущие структуры на заключительном этапе этого процесса, условия и функционально-структурные предпосылки, а также церебральные механизмы формирования координационно-управляющей системы.

Перейдем к анализу взглядов А. С. Батуева по обсуждаемому вопросу. Из всего вышеизложенного следует, что любая поведенческая программа должна строиться, по крайней мере, на трех основных факторах: 1) доминирующей мотивации, 2) прошлом жизненном опыте (память) и 3) оценке текущей ситуации.

Доминирующая мотивация – это избирательно возбужденные биологической и социальной потребностью мозговые аппараты. В основе этого состояния лежит описанный выше принцип доминанты. А. С. Батуев пишет, что доминирующая мотивация (функциональная структура) «не может определяться моделированием параметров конечного результата системы, а возникает задолго до этого». «Мы склонны полагать, что в качестве системообразующего фактора выступает доминирующая мотивация во всей сложности и многообразии ее проявления. В качестве же полезного результата определенного поведенческого акта выступает удовлетворение потребности, при-

водящее к изменению мотивации» [5]. В итоге реализации той или иной поведенческой программы организм может не достигнуть полезного результата. Программирование, которое носит вероятностный характер, необходимо только в альтернативной ситуации. Принятие решения направлено на реализацию наиболее вероятной поведенческой программы (гипотезы). Если нет альтернативы, нет необходимости в предварительном программировании поведения: организм переходит на «автоматический режим управления». Доминирующая мотивация в конечном итоге определяет характер внутрицентральной интеграции в данный момент.

Прошлый опыт, долгосрочная память. Фундаментом для формирования сложных поведенческих программ являются либо врожденные готовые функциональные церебральные конструкции, либо приобретенные, но достаточно стабильные (жесткие) навыки (безусловные рефлексы, автоматизированные условные рефлексы). Эти стабильные навыки могут рассматриваться как «элементарные шаблоны поведения», в которых смоделирована вся конкретная реакция в виде сенсомоторных синтезов. Доминирующая мотивация извлекает из долгосрочной памяти эти элементы (программы), которые используются для достижения приспособительного эффекта. Организм имеет довольно широкий набор готовых поведенческих навыков, сложившихся в фило- и онтогенезе.

Оценка текущей ситуации и краткосрочная память. Окружающая организм среда изменчива, и предвидеть наступление особых событий возможно лишь с большей или меньшей степенью вероятности. Поэтому для адекватного программирования поведения организму необходимо, по крайней мере: 1) оценить собственную схему тела, вписанного в эту среду; 2) извлечь полезную биологическую информацию из окружающей среды; 3) описать структуру среды как закон связей между ее наиболее существенными переменными и 4) определить ведущее кинетическое звено для реализации предстоящего поведенческого акта.

Оценка схемы тела необходима для управления позой, которая входит как неотъемлемая часть будущей двигательной программы. Создание образа пространства требуется также для программирования поведения. «Образ пространства определяется доминирующей мотивацией, которая превращает реальную среду в актуальную», т. е. способствует восприятию и распознаванию биологически значимых признаков среды. На высших уровнях интеграции формирование об-

раза среды завершается оценкой взаимоотношений между биологически значимыми признаками, т. е. формированием структуры среды, логики ее построения, конструкции и закономерностей ее изменения.

Поскольку в окружающей среде преобладают вероятностно статистические взаимоотношения и связи (А. Б. Коган, А. Г. Чароян), в механизмах предвидения событий заложены не только вероятность, но и принцип экономизации, в виде стремления организма «к оптимизации вероятности встречи с биологически значимыми предметами и явлениями окружающего мира». «Это достигается вероятностным программированием, т. е. формированием структуры, алгоритма своего поведения, оптимально приближенного к логике построения окружающей среды. Во всех этих процессах существенная роль отводится краткосрочной памяти, которая необходима для удержания в следах образа окружающей среды и удержания программы предстоящего поведенческого акта вплоть до его полной реализации. Поэтому краткосрочная память – неперенное свойство мозговых систем, участвующих в вероятностном прогнозировании» [18].

Необходимо особенно остановиться на представлениях А. С. Батуева о программирующей деятельности мозга, поскольку он считает это звено формирования функциональной системы главным.

Программирующая деятельность – это целостная мозговая функция, в которой принимает участие весь мозг. Но доля участия различных мозговых аппаратов не одинакова. В организации интегративной деятельности мозга вообще и формирующей в частности наиболее важная роль принадлежит ассоциативным таламокортикальным системам – таламопариетальной и таламофронтальной. А. С. Батуев формирует пять основных требований, которым должен удовлетворять субстрат – организатор программирующей деятельности. В самой общей форме эти требования таковы. «Мозговая система должна получать информацию о доминирующей в данный момент мотивации (1), о репертуаре навыков и долгосрочной (в том числе и генетической) памяти (2), обо всех факторах внешней среды и о системе схемы тела (3). Кроме того, мозговая система должна обладать внутренними свойствами к фиксации (4). Наконец, эта или эти системы должны обладать всеми предпосылками для координированного управления всеми остальными аппаратами мозга (5)» [5]. Этим условиям отвечают ассоциативные таламокортикальные системы. Рассмотрим более детально соответствие свойств ассоциативных систем

сформулированным выше условиям для оценки их участия в программирующей деятельности мозга.

1. Основной предпосылкой для поступления мотивационных возбуждений является наличие связи ассоциативных структур мозга с образованиями лимбической системы. Показано, что основное ассоциативное ядро таламуса – МД, которое монополярно проецируется на лобную кору – имеет множество проекций из лимбических структур. В связи с этим, А. С. Батуев считает лобную кору высшим проекционным уровнем мотивационных центров лимбической системы мозга.

2. По современным представлениям (это доказано экспериментально и клинически), высшие ассоциативные неокортикальные поля могут быть связаны с процессами селективного извлечения информации из долгосрочной памяти. Однако механизмы этого процесса пока не известны. Как считает А. С. Батуев, основным рычагом селекции блоков из долгосрочной памяти является доминирующая мотивация, ее характер и степень выраженности. Это осуществляется рефлекторным путем, но для этого необходима информация о внешней среде.

3. Ассоциативные системы, обладая мультисенсорностью, получают информацию различной модальности по принципу конвергенции и таким образом улавливают все изменения внешней среды. Здесь под коррекцией доминирующей мотивации происходит определение биологической значимости этих изменений. Механизмы гетеросенсорного сопоставления возбуждений позволяют ассоциативным системам селективировать информацию. В этом процессе важную роль играет избирательное внимание, которое оформляется на основе доминанты с участием сопряженного торможения. Вышеописанные механизмы присущи ассоциативным таламокортикальным системам: они имеют непосредственное отношение к оценке экстраперсонального пространства и собственной схемы тела. «Таким образом, выделение сигнально значимых агентов экстраперсонального пространства и ведущих звеньев системы схемы тела является важнейшей предпосылкой для адекватного программирования будущего поведенческого акта» [18].

4. Чтобы сформировать функциональную структуру (систему) поведения сообразно со структурой пространства, необходимо не только уловить логику изменений значимых сигналов среды, но и обязательно сохранить их следы в краткосрочной памяти. Эти сведения необходимы для программирования. «Поведенческая программа, – как пишет А. С. Батуев, – представляет собой определенным обра-

зом связанные и поставленные в строгую временную зависимость (функциональная структура) жесткие и подвижные функциональные элементы, репертуар которых определяется конкретной доминирующей мотивацией и прошлым жизненным опытом. В любом случае такая программа формируется хотя и быстро, но не мгновенно и должна в течение определенного времени удержаться в краткосрочной памяти» [18]. На приматах и человеке доказано, что фронтальная ассоциативная кора обладает необходимыми структурно-функциональными предпосылками для краткосрочного хранения следов по механизмам внутрикорковой реверберации.

5. Записанная в краткосрочной памяти поведенческая программа должна быть реализована в форме определенных моторновисцеральных команд. Доказано, что фронтальная и париетальная системы оснащены богатой системой связей, нисходящих к самым различным отделам головного мозга, осуществляющих реализацию поведения. Итак, согласно представлениям А. С. Батуева, в программирующей деятельности мозга ассоциативные таламокортикальные системы функционируют как единое целое, но вносят разный вклад в этот процесс. «Таламо-париетальная ассоциативная система мозга на основе доминирующей мотивации обеспечивает селективное внимание к сигнально значимым факторам экстраперсонального пространства и ведущего кинематического звена системы схемы тела, а также участвует в механизмах позной перестройки. Таламофронтальная система обладает механизмами для ее участия в вероятностном прогнозировании по принципу построения функциональных систем из жестких функциональных элементов. Фронтальная система завершает организацию программы целенаправленного действия согласно доминирующей мотивации, прошлому опыту и наличной окружающей ситуации» [18].

И в заключение, необходимо уложить все вышеописанные события в логическую схему их взаимоотношений, предложенную А. С. Батуевым (рис. 15). Описание схемы приводится дословно [18].

Как представлено на схеме, основой целенаправленного поведенческого акта является доминирующая мотивация, которая 1) определяет набор готовых, записанных в долговременной памяти поведенческих реакций и 2) формирует из реальной окружающей среды актуальное экстраперсональное пространство с учетом системы схемы тела и сигнально значимых компонентов среды. Последние, оцениваемые организмом в их взаимоотношениях и динамике преобра-

зований, являются базой для оценки вероятностной структуры среды. Наряду с этим из долговременной памяти, генетической и онтогенетической, составляющих основу жизненного опыта, извлекаются уже готовые функциональные блоки (элементы) или гипотезы. Вероятностная структура среды определяет степень актуальности той или иной гипотезы, на основе чего и формируется функциональная структура поведенческого акта (программа). В ней отражены взаимоотношения и динамика вовлечения различных функциональных блоков. Иначе говоря, отдельные частные поведенческие гипотезы, в соответствии с вероятностной структурой среды, образуют новую динамическую систему (программу), которая должна удерживаться в долговременной памяти вплоть до полной реализации поведенческого акта. Вероятностные программы формируют команды, т. е. актуализируют в строгой временной зависимости ряд гипотез, в результате чего совершается действие, которое может привести (рассмотрим альтернативные ситуации) к получению или отсутствию результата. Достижение полезного результата сопровождается стиранием данной программы из краткосрочной памяти или переводом в долговременную память, а эффективность действия оценивается по степени выраженности положительных эмоций. Последние, как свидетельство успеха действия, могут привести к изменению мотивации. Следует, по-видимому, признать, что система эмоций – единственная организация, способная осуществлять оценку релевантности действий организма в соответствии с доминирующей мотивацией и прогнозируемой вероятностью ее удовлетворения [55]. В случае же отсутствия результата могут включаться различные мозговые механизмы. Рассмотрим лишь некоторые из них.

Во-первых, легко допустить, что при отсутствии результата программа остается в краткосрочной памяти и действие может быть совершено повторно. Во-вторых, отрицательные эмоции, сигнализирующие организму о неуспехе действия, могут привести к изменению самой мотивации. В-третьих, если мотивация является стойкой, перестраивается сама программа действия, т. е. выдвигаются новые гипотезы, между которыми устанавливаются новые законы связей, формируется новая функциональная структура. Таким образом, степень адекватности поведенческой программы определяется знаком и степенью выраженности эмоционального статуса, который сопровождает ее реализацию. Успех действия непременно сопровождается положительной эмоцией, которая служит важным фактором закрепления

нового поведенческого акта в онтогенетической (долговременной) памяти.

Если же организм находится в стационарной среде и динамика изменения второй является стабильной и регулярно повторяющейся, то (как мы отмечали выше) можно допустить существование более простых мозговых механизмов. Доминирующая мотивация обеспечивает селекцию наиболее значимых факторов окружающей среды, извлечение из генетической и онтогенетической памяти готовых поведенческих решений, которые, будучи автоматизированными, с неизбежностью приводят к реализации жестко переформированного рефлексорного акта. Для реализации таких достаточно элементарных поведенческих актов организм имеет системы жестких внутримозговых связей.

Адаптивное же поведение в постоянно меняющейся случайной среде требует выработки способностей к вероятностному прогнозированию и соответствующих пластических мозговых систем. Как мы показали выше, таковыми могут являться, прежде всего, эволюционно более молодые ассоциативные системы мозга: таламопарипетальная и таламофронтальная. При этом надо иметь в виду, что ассоциативные системы мозга выполняют, вероятно, лишь часть (хотя и наиболее важную) из того множества операций, которые обозначены на нашей схеме. Здесь авторы еще раз подчеркивают невозможность (и неоправданность) привязки какого-либо из элементов предложенной схемы к конкретному морфологическому субстрату. Авторы рассматривают эту схему как рабочую гипотезу, которая требует дальнейшего изучения.

Заклучение

Итак, рассмотрев иерархию ключевых форм (принципов) функциональной церебральной интеграции, лежащих в основе формирования физиологических механизмов поведения человека (и высокоорганизованных животных), а также средств (принципов), которые способствуют этому процессу, мы приходим к выводу, что по этому вопросу нет единого мнения. Особенно это касается взглядов на формирование высшего принципа интегративности – системности (функциональной системы). Среди существующих концепций, занимающих магистральное положение в науке, с нашей точки зрения, заслуживают пристального внимания вышеизложенные. По ряду ключевых моментов формирования функциональной системы эти концеп-

ции имеют одинаковые или единогонаправленные позиции, а по другим – диаметрально противоположные. Все это свидетельствует не только о сложности изучаемого предмета, но и о недостаточной изученности этой проблемы. Из нерешенных вопросов считаем нужным отметить основные:

1. Что следует считать системообразующим фактором?
2. Что собой представляют церебральные механизмы программирующей деятельности, а также оценки и коррекции результата действия?
3. Какое место занимают эмоции в формировании поведения и его оптимизации?

5. ФАКТОРЫ ОПТИМИЗАЦИИ

5.1. Эмоции – интегральный фактор оптимизации поведения

Как уже указывалось, согласно представлениям П. В. Симонова, система эмоций является единственной организацией организма, способной осуществить оценку степени релевантности его действий с мотивацией и прогнозируемой вероятностью ее удовлетворения. Это представление позволило определить место системы эмоций в формировании принципа функциональной системы, лежащего в основе поведенческого акта: это стадия обратной афферентации достигнутого результата по отношению к доминирующей мотивации; ее функции – отражательно-оценочная и регулирующая.

Существует две теории эмоций, занимающих магистральное положение в физиологии: биологическая (П. К. Анохин) [5] и информационная (П. В. Симонов) [55]. Согласно Анохину, нервный аппарат эмоций активируется в тот момент, когда в процессе формирования функциональной системы обнаруживается рассогласование (отрицательные эмоции) или совпадение (положительные эмоции) акцептора действия с импульсацией, сигнализирующей о реально достигнутом эффекте. П. В. Симонов определяет эмоции как отражение мозгом какой-либо актуальной потребности и вероятности ее удовлетворения и представляет ее в виде структурной формулы: $\mathcal{E} = f [П / И_n - И_c / \dots]$, где \mathcal{E} – эмоция, ее степень, качество и знак; П – сила и качество актуальной потребности; $(И_n - И_c)$ – оценка вероятности удовлетворения потребности; $И_n$ – информация о средствах, прогностически необходимых для удовлетворения потребности; $И_c$ – информация о средствах, которыми располагает субъект в данный момент. Низкая вероятность удовлетворения потребности $(И_n > И_c)$ ведет к возникновению отрицательных эмоций. Возраставшая вероятность удовлетворения по сравнению с прогнозом $(И_n < И_c)$ порождает положительные эмоции. Под информацией П. В. Симонов понимает отражение всей совокупности средств достижения цели: знаний, навыков, энергетических ресурсов, времени для организации соответствующих действий. Мозг, генерирующий эмоции, имеет дело не непосредственно с самими средствами («объектами»), а с информацией об имеющихся средствах, т. е. с их афферентными признаками. Все многообразие прогнозируемых и реальных сведений для удовлетворения потребностей трансформируется мозгом в единый

интегральный показатель – оценку вероятности достижения цели (удовлетворения потребности).

5.2. Функции эмоций

На первое место следует поставить отражательно-оценочную функцию эмоций. Эмоция есть отражение мозгом какой-либо актуальной потребности. По определению П. В. Симонова [55], «потребность – это избирательная зависимость живых организмов от факторов внешней среды, существенных для самосохранения и саморазвития, источник развития живых систем и движущая сила поведения». Мотивация представляет второй этап организации целенаправленного поведения по сравнению с актуализацией потребности, это «определенная потребность». «Мотивация есть физиологический механизм активирования хранящихся в памяти следов (энграмм) тех внешних объектов, которые способны удовлетворить имеющуюся у организма потребность, и тех действий, которые способны привести к ее удовлетворению» [55]. Отсюда, эвристическая ценность эмоций заключается в том, что они являются одним из наиболее тонких и объективных индикаторов потребностей.

Однако отражательная функция эмоций совпадает с оценочной, когда речь идет об отражении вероятности удовлетворения потребности. Эту вероятность мозг оценивает на основе генетического и ранее приобретенного индивидуального опыта. По этому поводу П. В. Симонов пишет, что цена, в самом общем смысле этого понятия, всегда есть функция двух факторов: спроса (потребности) и предложения (возможности удовлетворения этой потребности). Но категория ценности и функция оценивания становятся ненужными, если отсутствует необходимость сравнения, обмена, то есть необходимость сравнения ценностей. Вот почему функция эмоций не сводится к простому сигнализированию воздействий, полезных и вредных для организма. Сторонники биологической теории эмоций видели в интегральном сигнализировании «вредности» приспособительное значение, например, в боли в суставе, ограничивающей движение конечности. П. В. Симонов считает, что аналогичную роль мог бы играть механизм автоматически, без участия эмоций, тормозящий движения, вредные для поврежденного органа. Однако чувство боли оказывается более пластичным механизмом: когда потребность в движении становится очень велика (например, при угрозе самому существованию субъекта), движение осуществляется, невзирая на боль. «Эмоции

выступают в роли своеобразной «валюты мозга» – универсальной меры ценностей, а не просто эквивалента, функционирующего по принципу: вредно – неприятно, полезно – приятно» [55].

Далее следует остановиться на функциях эмоций, регулирующих индивидуальное поведение (переключающая, подкрепляющая, компенсаторная). Начнем с переключающей функции эмоций. С физиологической точки зрения эмоция есть активное состояние системы специализированных мозговых структур, которое побуждает изменить поведение в направлении минимизации или максимизации этого состояния [55]. Поскольку положительная эмоция свидетельствует о приближении удовлетворения потребности, а отрицательная эмоция – об удалении от него, субъект стремится максимизировать (усилить, продлить, повторить) первое состояние и минимизировать (ослабить, прервать, прекратить) второе. Этот гедонистический (греч. *hedone* – наслаждение) принцип максимизации-минимизации эмоций, в зависимости от их знака, следует рассматривать как принцип оптимизации поведения.

Переключающая функция эмоций обнаруживается в сфере врожденных форм поведения, индивидуально приобретенных, как на осознаваемом, так и на неосознаваемом уровне. Ярким примером неосознаваемого прогнозирования служит интуиция. Переключающая функция эмоций особенно важна в процессе конкуренции мотивов, при выделении доминирующей потребности, которая становится вектором поведения [55]. Так, в боевой обстановке, борьба между инстинктом самосохранения и потребностью следовать определенной этической норме переживается субъектом в форме борьбы между страхом и чувством долга, страхом и стыдом. Зависимость эмоций не только от величины потребности, но и от вероятности ее удовлетворения усложняет конкуренцию сосуществующих мотивов. В результате поведение нередко переориентируется на менее важную, но легко достижимую цель: «синица в руках» побеждает «журавля в небе». Постоянная угроза такой переориентации потребовала от эволюции формирования специального мозгового аппарата – физиологических механизмов воли [55].

Разновидностью переключающей функции эмоций является их подкрепляющая роль. Экспериментально установлена роль эмоций в процессе выработки классических и особенно инструментальных условных рефлексов. Оказалось, что интеграция потребностного возбуждения (например, голодового) с возбуждением от фактора, удов-

летворяющего данную потребность, т. е. механизм генерации положительных эмоций, обеспечивает выработку положительного условного рефлекса. Таков же механизм влияния отрицательных эмоций в процессе выработки отрицательных условных рефлексов.

Компенсаторная функция эмоций заключается в их замещающей роли: недостающая информация пополняется активацией поискового поведения, совершенствования навыков, мобилизации хранящихся в памяти энграмм.

Что же касается положительных эмоций, то их компенсаторная функция реализуется через влияние на потребность, инициирующую поведение. В трудной ситуации с низкой вероятностью достижения цели даже небольшой успех (возрастание вероятности) порождает положительную эмоцию воодушевления, которая усиливает потребность достижения цели согласно правилу *Yerkes – Dodson*, вытекающему из формулы эмоций [55].

В иных ситуациях положительные эмоции побуждают живых существ нарушать достигнутое «равновесие с окружающей средой». Стремясь к повторному переживанию положительных эмоций, живые системы вынуждены активно искать неудовлетворенные потребности и ситуацию неопределенности, где полученная информация могла бы превысить ранее имевшийся прогноз. Таким образом, положительные эмоции компенсируют недостаток неудовлетворенных потребностей и прагматической неопределенности, способных привести к застою, к деградации, к остановке процесса самодвижения и саморазвития [55].

Итак, аппарат эмоций выполняет функцию оптимизации поведения и эволюции живых систем. Принцип оптимизации, через аппарат эмоций, пронизывает иерархию принципов интегративности по вертикали.

5.3. Потребностно-информационная организация интегративной деятельности мозга

Согласно представлениям П. В. Симонова, в генезе эмоциональных состояний, а следовательно, и в организации целенаправленного поведения, решающую роль играют четыре мозговых образования: передние отделы неокортекса, гиппокамп, миндалина и гипоталамус (рис. 16). В головном мозге трудно найти какое-либо иное образование, которое могло бы по своему значению быть поставлено в один ряд с этими структурами. П. В. Симонов считает, что в системе координат «потребности – вероятность их удовлетворения» для еще одной

структуры просто нет места. По его мнению, все остальные образования головного мозга играют исполнительную или вспомогательную, «обслуживающую» роль, будь то сенсорные системы, механизмы построения движений, системы регуляции уровня бодрствования и вегетативных функций.

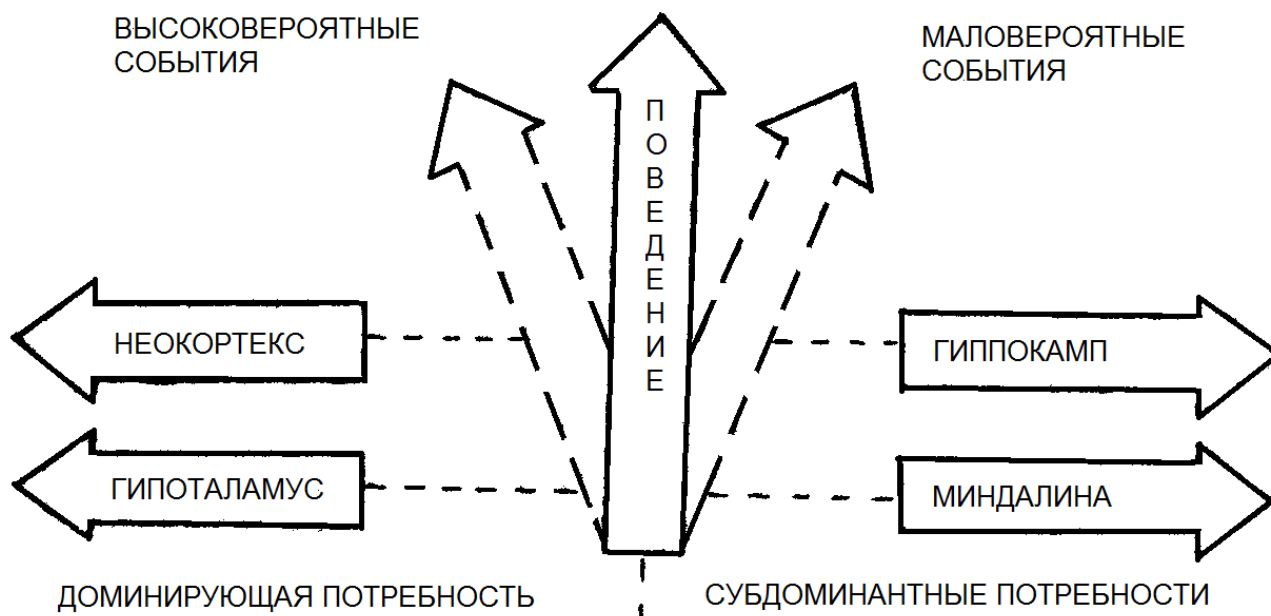


Рис. 16. Принципиальная схема участия мозговых структур в генезе эмоциональных состояний и в организации целенаправленного поведения

Вышеперечисленные четыре отдела головного мозга следует рассмотреть в плане анализа индивидуальных особенностей их взаимодействия и вариантов их нарушенного функционирования. Исследование поведения человека в вероятно организованной среде обнаружило три основные группы людей [55]. Представители первой группы субъективно занижают частоту появления объективно более частого события (стратегия вероятностного безразличия). Представители второй группы отражают среду адекватно (стратегия вероятностного соответствия), а представители третьей завышают частоту более частого события (стратегия максимализации). П. В. Симонов полагает, что в основе типов поведения лежит относительное усиление (или ослабление) активности фронтальных отделов коры и гиппокампа, испытывающих на себе индивидуально варьирующее влияние миндалины и гипоталамуса. Согласно развиваемой точке зрения, сильный тип нервной системы (по классификации И. П. Павлова) характеризуется относительным преобладанием системы «гипоталамус – фронтальная кора», в то время как у слабого типа преобладает система «миндалина – гиппокамп» с присущими ей симптомами неуве-

ренности, склонности к переоценке мало существенных событий. Индивидуальное преобладание системы «гипоталамус – миндалины» характерно для интровертов; у экстравертов, наоборот, преимущественно развита «фронтальная кора – гиппокамп», обращенная к внешней среде.

Характерно нарушение взаимодействия этих систем при неврозах. Ненормальное функционирование системы «гипоталамус – миндалина» ведет к невозможности решения мотивационного конфликта в пользу одной из конкурирующих мотиваций. В результате субъект не находит выхода из сложившейся ситуации. При другой разновидности мотивационной системы с чертами преобладания гипоталамуса доминирующая потребность перестает корректироваться существующими с ней мотивациями. Вовлечение в этот процесс передних отделов правого (неречевого) полушария наряду с преобладанием потребности «для себя» придаст поведению черты враждебной истероидности. Состояние хронической тревоги, по-видимому, связано с дисфункцией гиппокампа, благодаря чему самый широкий круг внешних стимулов приобретает объективно не присущее им значение сигналов неясной беды, грозящей субъекту опасности. Подавление функций системы «миндалина – гипоталамус» должно вести к депрессии по типу тоски, утраты желаний и интересов. В генезе навязчивых действий и навязчивых мыслей большую роль может сыграть дефект механизмов фронтального неокортекса, что затрудняет торможение реакций на сигналы и на следы этих сигналов, утратившие свой реальный смысл [55].

Действие наркотиков, в частности, алкоголя, на поведение субъекта позволяет предполагать функциональное выключение «системы сомнений» (гиппокамп и миндалина). В результате утрачивается способность учитывать конкурирующие мотивы и сигналы, относящиеся к этим мотивам, субъект пренебрегает ими: «море становится ему по колено».

Итак, рассмотрев схему взаимодействия четырех структур мозга по вертикали и горизонтали, стоит проанализировать ее по диагонали. П. В. Симонов считает, что в свете концепций «психического мутогенеза» или «теории гипотез» Карла Поппера, роль генератора гипотез естественнее всего приписать системе «гипоталамус – гиппокамп». Сильное потребностное возбуждение, возникнув в гипоталамусе и выйдя на гиппокамп, способно генерировать маловероятные комбинации следов и наличных стимулов. За системой «фронтальная

кора – миндалина» остается функция отбора, причем миндалина причастна к отбору побуждений с учетом прошлого опыта их удовлетворения и реально сложившейся ситуации, а фронтальная кора ответственна за отбор ассоциаций, подтверждаемых действительностью или противоречащих ей.

В заключение П. В. Симонов утверждает, что, функционируя как единый интегративный комплекс, четыре структуры необходимы и достаточны для организации поведения в системе координат «потребности – вероятность их удовлетворения», ибо для живого организма нет ничего важнее его потребностей, а внешний мир существен (значим) для организма в той мере, в какой он способен эти потребности удовлетворить».

Заключение

Мы неслучайно завершили изложение принципов интегративности потребностно-информационной организацией интегративной деятельности мозга в системе координат «потребность – вероятность их удовлетворения», ибо эта организация лежит в основе оптимизации развития животного организма и его взаимодействия с окружающей средой, пронизывая и цементируя по вертикали всю иерархию узловых принципов интегративности ЦНС при формировании целенаправленного поведения.

Хочется обратить внимание, что предлагая схему участия только четырех структур мозга (фронтальная кора, гиппокамп, миндалины, гипоталамус) в организации интегративной деятельности мозга в системе координат «потребности – вероятность их удовлетворения», П. В. Симонов игнорирует структуры, ответственные за определение экстраперсонального пространства. Как можно представить удовлетворение потребности без представления об окружающей среде? Этот вопрос требует дальнейшего тщательного изучения.

6. ДВИГАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ – ВЕДУЩИЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ФАКТОР ОПТИМИЗАЦИИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И БИОПРОГРЕССА

Согласно современным представлениям, двигательную активность следует рассматривать естественным, эволюционно сложившимся фактором биопрогресса, определившим развитие организма и обеспечившим не только формирование наиболее совершенных механизмов его адаптации к окружающей среде в процессе длительного филогенеза, но и оптимизацию его жизнедеятельности в онтогенезе.

Анализ известных научных факторов и концепций позволяет считать, что совершенствование адаптационных механизмов шло в направлении их универсализации при эксплуатации двигательной активности [7]. Надо полагать, это обусловлено тем, что в структуре механизма двигательной активности в элементарной форме представлен принцип саморегуляции, который отражает сущность всеобщего закона оптимизации, выражающуюся в стремлении живых систем к достижению максимального жизненно важного результата с минимальными энергетическими и пластическими затратами [14]. На уровне целостного организма происходит интеграция этой универсальной формы в функциональную систему высшей регуляции адаптационных механизмов, расшифрованную П. К. Анохиным [4].

Вышеизложенный подход к раскрытию универсальной роли двигательной активности базируется на основе систематизации научных достижений, осмысление которых позволяет утверждать, что двигательная активность выполняет, по крайней мере, десять ключевых функций организма: моторную, побудительную, творческую, тренирующую, защитную, стимулирующую, терморегуляционную, биоритмологическую, речеобразующую, коррекционную [7].

1. Моторная функция двигательной активности. Применительно к человеку стало хрестоматийным представление о моторной функции как о сумме движений, выполняемых им в повседневной жизни. С помощью нее осуществляется взаимодействие человека с окружающей средой. Двигательные реакции необходимы человеку для общения, через них осуществляется контакт с природой, они являются внешним проявлением трудового процесса [17].

Классик отечественной физиологии И. М. Сеченов еще в XIX веке гениально предопределил, что у человека при его адаптации к окружающей среде «все бесконечное разнообразие мозговой деятельности сводится окончательно к одному лишь явлению – мышечному движению» [18].

Как известно, для реализации этого механизма организм имеет мощную мышечную систему, входящую в состав опорно-двигательного аппарата, которая использует различные формы деятельности: динамическую, статическую и тоническую. В процесс интеграции всех форм моторной активности вовлечены все уровни ЦНС и гормонального аппарата: кора больших полушарий головного мозга, базальные ганглии, лимбическая система, мозжечок, ствол мозга и спинной мозг [1; 5].

Установлено, что каждая структура, выполняя определенную регулирующую функцию, включается всякий раз в конкретную функциональную систему. Для формирования такой системы в высших фронтальных мозговых отделах интегрируется информация об экстроперсональном пространстве, схеме тела и потребностях, которая отбирается из массива упомянутых структур ЦНС под контролем доминирующей мотивации. На этом завершается создание программы поведения. Конкретная реализация программы осуществляется мышцами (при соответствующем их вегетативном обеспечении) с непосредственным регулирующим участием спинномозговых и стволовых структур, находящихся под постоянным надзором высших отделов ЦНС. Далее, с помощью механизма обратной связи (обратной афферентации), фронтальным отделом мозга контролируется выполнение программы и, в случае необходимости, производится ее коррекция [2; 6; 8].

Таким образом, принцип саморегуляции в «классической форме» реализуется в двигательном механизме адаптации, который является филогенетически наиболее древним и надежным. Из вышеизложенного следует, что вовлечение всех уровней ЦНС в регуляцию двигательной адаптации является показателем многогранной значимости двигательной активности для жизнедеятельности организма. А именно, двигательная активность запускает и определяет множество ключевых процессов и тем самым обеспечивает свои функции и прогресс организма в целом, о чем пойдет речь далее [16].

2. *Побудительная функция двигательной активности.* Доказано [14; 20], что двигательная активность является генетически обусловленной биологической потребностью. Удовлетворение потребности в движении так же жизненноважно, как и любой другой, например, в пище, воде и т. п.

Научными исследованиями установлено не только то, что потребность в двигательной активности – врожденная, т. е. генетически закодированная, но и то, что закодирован объем движений в единицу времени (сутки). Так, в лаборатории А. Д. Слонима было выявлено, что новорожденные крысы, ограниченные в движениях с помощью пеленания на одни сутки, при освобождении на следующий день имели суточный объем двигательной активности, в два раза превышающий тот, который был зарегистрирован до их фиксации. Этот феномен рассматривается как компенсация «мышечного голода» вызванного вынужденной временной неподвижностью животных [20]. Исследования, проведенные на детях, дали сходные результаты [14].

Как известно, предназначение любой потребности – побуждать организм к ее удовлетворению [2; 19]. Следовательно, потребность в моторной активности, выполняя побудительную функцию, выступает в качестве внутренней движущей силы взаимодействия организма с окружающей средой и совершенствования форм адаптации.

3. *Творческая (развивающая) функция двигательной активности.* Согласно теории, развиваемой И. А. Аршавским [6; 7], двигательная активность является ведущим фактором онтогенеза, т. е. индивидуального развития человека с момента зарождения до конца жизни. Реализуется это следующим образом. Функциональная активность оплодотворенной яйцеклетки (зиготы) приводит к ее обеднению пластическими и энергетическими ресурсами. Их пополнение из окружающей среды требует двигательной активности. Для этого в цитоплазме зиготы образуются сократительные белки, которые приводят ее в движение. При движении стимулируются процессы ассимиляции, чем и достигается не только возмещение, но и накопление запасов белков и энергии, т. е. избыточный анаболизм (от греч. *anabole* – подъем ассимиляции). Этот избыток ресурсов побуждает клетку делиться на две, каждая из которых проходит тот же цикл в стадии эмбриогенеза.

Дело в том, что при двигательной активности рабочий цикл обмена веществ «трата – восстановление» может происходить не

только с возвратом к исходному уровню, но и с его превышением. Это есть суперкомпенсация энергетических трат, которая, как уже указывалось выше, называется избыточным анаболизмом. Явление суперкомпенсации было известно давно. Однако изучение его в онтогенезе показало, что избыточный анаболизм служит основой прогрессивного развития. Его степень задается характером работы. В свою очередь, степень восстановления определяет последующую интенсивность энергетики, в частности, клеточного дыхания [13; 15].

На всех последующих стадиях развития сохраняется роль мускулатуры и двигательной активности как ведущего фактора онтогенеза. Это так называемое «энергетическое правило скелетных мышц». Сущность его заключается в том, что особенности энергетических процессов в различные возрастные периоды, а также морфофункциональное изменение и преобразование дыхательной и сердечно-сосудистой систем, а также систем, обуславливающих их обеспечение, в процессе онтогенеза находится в зависимости от развития скелетной мускулатуры. В соответствии с этой теорией, чем лучше развита скелетная мускулатура, тем выше общий энергообмен организма, а, следовательно, выше его адаптационные возможности.

Таким образом, двигательная активность творит многоклеточный организм в стадии эмбриогенеза и обуславливает его прогресс и жизнеспособность на всех последующих этапах онтогенеза.

Биохимический механизм творческой и развивающей функции двигательной активности был интерпретирован М. М. Кондрашевой [35]. Показано, что для живых систем первостепенное значение приобретают скоростные, кинетические характеристики элементарных химических реакций, которые поддерживают их функционирование. Чем выше скорость этих реакций, тем выше функциональная мощность живых систем (организма). В соответствии с этой точкой зрения, процессы энергообмена можно расположить по нарастанию в следующей последовательности (рис. 17):

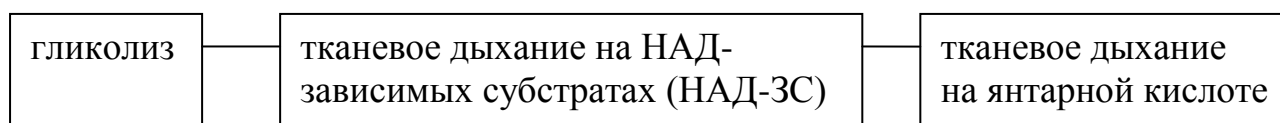


Рис. 17. Схема окисления янтарной кислоты

Окисление янтарной кислоты (ЯК) считается более выгодным, так как при этом повышаются скоростные показатели рабочего цикла химических реакций и конечный уровень богатых энергией соединений значительно превышает таковые при окислении НАД-ЗС. В связи с этим энергообеспечение различных функциональных перестроек, особенно связанных с двигательной активностью, обусловлено разной степенью участия ЯК-зависимого окисления.

Установлено, что наиболее полноценные проявления жизнеспособности организма определяются высоким уровнем ЯК – составляющей энергетики и активности фермента сукцинатдегидрогеназы, ее окисляющего. Преобладание янтарной энергетики – это молодость и развитие по сравнению с увяданием. Это связано с тем, по утверждению М. Н. Кондрашевой, что янтарная кислота, как энергетическая прима субстратов, может обеспечить наиболее высокий темп энергетики, поэтому в онтогенезе «янтарная энергетика» выступает в качестве двигателя физиологического прогресса [14; 15].

Это дает основание считать, что мышечная активность увеличивает энергетические энергоресурсы по вышеизложенному биохимическому механизму, трату которых она возмещает по принципу обратной связи. Значит, двигательная активность является «тягловой силой» энергетики организма.

Функция сокращения мышц вызывает значительный расход богатых энергией соединений (АТФ и др.) и энергетических субстратов (углеводы, липиды), который при физиологической мере напряжения перекрывается избыточным анаболизмом. Следовательно, положительный эффект творческой функции двигательной активности в развитии и жизнедеятельности организма может проявиться только при умеренной (оптимальной) систематической физической нагрузке.

4. Тренирующая функция двигательной активности. Исследования, проводившиеся в течение 40 лет сотрудниками научной школы, руководимой Ф. З. Меерсоном, и многими другими отечественными и зарубежными коллективами, показывают, что систематическая умеренная физическая нагрузка является эффективным универсальным тренирующим фактором, вызывающим благоприятные функциональные, биохимические и структурные изменения в организме. Глобальное тренирующее влияние физической нагрузки обусловлено тем, что организм реагирует на нее

по принципу системности, с вовлечением в процесс различных уровней организации механизмов адаптации: нейрогуморальную регуляцию, исполнительные органы и вегетативное обеспечение [41].

Согласно теории индивидуальной адаптации, сформулированной Ф. З. Меерсоном, в процессе тренировки прослеживаются два этапа: начальный этап – «срочная», но несовершенная адаптация, и последующий этап – совершенная «долговременная» адаптация [41].

«Срочная» адаптация характеризуется генерализованной мобилизацией функциональной системы, ответственной за конкретную деятельность (адаптацию) до предельно достижимого уровня. Главной биологической задачей этого этапа являются: 1) мобилизация энергетических ресурсов организма и их распределение с избирательным направлением в органы и ткани функциональной системы адаптации; 2) потенция работы самой этой системы; 3) формирование структурной основы «долговременной» адаптации.

«Долговременная» адаптация формируется постепенно, в результате длительного или множественного действия на организм физических упражнений.

Стадия «долговременной» адаптации к физической нагрузке начинается с переходного этапа. Этот этап определяется активацией синтеза нуклеиновых кислот и белков, гормональными и другими факторами, что приводит к избирательному росту определенных структур в клетках органов функциональной системы, ответственной за конкретную адаптацию [26]. Этот процесс охватывает все звенья функциональной системы (нейрогуморальное, двигательное и вегетативное), что приводит к формированию разветвленного структурного «следа», повышающего мощность системы в целом. Завершающий этап процесса – стадия, венчающая «устойчивую» адаптацию, формирование системного структурного «следа».

Первая особенность этого этапа характеризуется изменением аппарата нейрогуморальной регуляции на всех его уровнях, которое выражается в формировании динамического стереотипа и увеличения фонда двигательных навыков [41]. На основании условнорефлекторных связей устанавливается устойчивая координация между циклами двигательной активности и функцией дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Одновременно повышается функциональная мощность структур гормональных звеньев регуляции и их экономизация.

Вторая черта системного структурного «следа» адаптации к физической нагрузке состоит в увеличении мощности и одновременно экономности функционирования двигательного аппарата [41]. Структурные изменения в аппарате управления мышечной работы на этом уровне создают основу для мобилизации большого числа моторных единиц при нагрузке и приводят к совершенствованию межмышечной координации. Решающим фактором, определяющим повышение выносливости тренированного организма, Ф. З. Меерсон [41] считает, прежде всего, увеличение мощности системы митохондрий в мышцах и системы антиоксидантных ферментов в миоцитах, что так же, как и в первом случае, способствует уменьшению активации перекисного окисления липидов в мышцах при физических нагрузках.

И наконец, третья особенность системного структурного «следа» физической адаптации состоит в увеличении мощности и одновременно экономности функционирования аппарата внешнего дыхания и кровообращения.

Таким образом, результатом систематической физической тренировки является увеличение физической и энергетической мощности скелетных мышц в сочетании с усилением мощности систем кровообращения и внешнего дыхания, а также соответствующие позитивные морфофункциональные сдвиги в механизмах нервной и гуморальной регуляции. Все это повышает адаптационные возможности всего организма.

Такие глубинные системные и местные преобразования в организме связаны с решающей ролью функций генетического аппарата клеток, ответственных за реализацию движения, на всех уровнях организации физической активности – исполнительном, регуляторном и обменном звеньях. Установлено, что реакция генетического аппарата дифференцированных клеток на длительное увеличение физической нагрузки – стадийный процесс [12].

Первая аварийная стадия возникает тогда, когда возросшая нагрузка мобилизует функциональные резервы. Это выражается во включении генерирующих силу мышечных сокращений, в результате чего развивается мышечная гиперфункция. При этом расход АТФ на функцию превышает ее восстановление. В итоге развивается состояние дефицита энергии.

Вторая переходная стадия – дефицит энергии – приводит к активации генетического аппарата клетки, следствием чего является увеличение массы клеточных структур и органов в целом.

Третья стадия – устойчивой адаптации к нагрузке. Масса органа увеличена до некоторого стабильного уровня, функциональный и энергетический резерв сбалансированы на более высоком уровне. Активность генетического аппарата (скорость транскрипции РНК и синтез белка) находится на уровне, необходимом для обновления увеличенной массы клеточных структур.

По мнению Ф. З. Мерерсона [43], примечательно то, что взаимосвязь «генетический аппарат – функция» – в высшей степени экономный, филогенетически древний механизм внутриклеточной саморегуляции организма. Он сыграл решающую роль в эволюции и, надо полагать, определил моторную активность ведущим фактором онтогенеза.

Показано [41; 43], что при систематической физической нагрузке до состояния утомления (не следует путать с переутомлением!) использование АТФ в течение некоторого короткого времени опережает ее ресинтез (восстановление) в митохондриях клеток. Это приводит к тому, что концентрация богатых энергией фосфатных соединений в работающих клетках снижается, увеличивается содержание в них продуктов распада АТФ. Эти метаболиты по механизму обратной связи активируют процессы фосфолирирования и таким образом ускоряют ресинтез АТФ. В результате концентрация АТФ увеличивается с избытком, и создаются условия анаболизма. Этот сдвиг через некоторые промежуточные звенья регуляции активирует синтез нуклеиновых кислот. Физиологическое значение этого процесса заключается в том, что он обеспечивает увеличение в ДНК структурных генов, на которых транскрибируются информационные РНК, являющиеся необходимыми для синтеза мембранных, митохондриальных, сократительных и других индивидуальных белков. Поэтому при нагрузке создается возможность большей активации транскрипции РНК и, соответственно, большего роста клетки при менее интенсивной эксплуатации каждой генетической матрицы. Этот конечный эффект тренирующей функции двигательной активности создает условия оптимизации функций, обеспечивающей достижение максимального конечного полезного результата с наименьшими энергетическими и пластическими затратами.

Результатом систематической физической тренировки является увеличение массы и физической мощности в сочетании с увеличением митохондрий (энергетических ультраструктур клетки) и

энергетического потенциала скелетных мышц. Такие же позитивные морфофункциональные сдвиги происходят в механизмах нервной и гуморальной регуляции, а также в системах кровообращения, дыхания, выделения. Все это повышает адаптационные возможности организма в целом и укрепляет здоровье.

Глубинные системные и местные преобразования в организме при физической тренировке связаны с решающей ролью функций генетического аппарата клеток, ответственных за реализацию движения.

Конечный результат этих преобразований – повышение адаптационных возможностей организма.

5. *Защитная функция двигательной активности.* Положительный эффект физической тренировки имеет два аспекта: специфический, проявляющийся в выносливости организма к физическим нагрузкам, и неспецифический, выражающийся в повышенной устойчивости к действию других факторов окружающей среды и заболеваниям. Этим определяется защитная (профилактическая) функция систематической двигательной активности.

Установлено [43], что профилактический неспецифический эффект физической нагрузки выражается в повышении устойчивости к боли и отрицательным эмоциям, в улучшении способности к обучению и, что особенно важно для современного человека, в повышении устойчивости организма к факторам, вызывающим повреждения сердца и системы кровообращения, появлению которых во многом способствуют стрессы.

Защитное действие физической тренированности при сердечно-сосудистых заболеваниях характеризуется двумя основными особенностями:

- предварительная физическая тренировка может способствовать более легкому течению возникшей болезни (например, инфаркта миокарда или острой транзиторной ишемии) и более быстрому выздоровлению;

- тренированность является фактором, предупреждающим само возникновение заболевания [16; 41].

Эти особенности адаптации объясняют меньшую вероятность развития факторов риска у тренированных людей, что в свою очередь определяется наличием соответствующих компонентов структурного следа адаптации. Кроме того, физические упражнения в умеренных

дозах содействуют восстановлению механизмов саморегуляции всех жизненных процессов организма при выздоровлении, таким образом исправляя дефекты, вызванные той или иной болезнью.

Физические упражнения, переводя энергообмен на более мобильный «янтарный» уровень [35], обеспечивают высокую стрессоустойчивость организма к различным неблагоприятным факторам биологической, и особенно социальной, среды. Заметим, что в процессе ранней эволюции человека интенсивная двигательная активность выступала в качестве единственного врожденного фактора предупреждения стресса.

6. *Стимулирующая функция.* Наши мышцы – настоящий генератор биотоков, которые являются самыми главными раздражителями мозга. Эти раздражители поступают не из внешней среды, как, например, свет или звук, а из внутренней – из самого организма, в виде биотоков, которые рождаются в работающих мышцах и устремляются в головной мозг по так называемому механизму обратной связи. Их называют проприоцептивной афферентацией (мышечной чувствительностью). Практически при сокращении и расслаблении мышц возбуждаются специальные мышечные рецепторы (проприоцепторы), которые посылают нервные импульсы (потенциал действия) в головной мозг. Чем интенсивнее поток нервных импульсов (биотоков), тем интенсивнее стимулируется головной мозг, особенно кора больших полушарий, т. е. повышается тонус коры. Известно, что чем выше тонус коры, тем выше уровень бодрствования. Таким образом, двигательная активность «заряжает» мозг. Недаром физические упражнения в умеренных дозах называют зарядкой: они предназначены не для тренировок, а для стимуляции.

В свое время И. П. Павлов в своих лекциях студентам говорил об опытах, проведенных американскими учеными на людях-добровольцах. Оказалось, что при длительном лишении сна люди могли не засыпать, пока у них были силы двигаться. Но стоило им присесть, даже просто остановиться, как они засыпали. Об этом же свидетельствуют наблюдения за космонавтами на орбите. На заре освоения космоса космические корабли были несовершенными, поэтому космонавты находились круглосуточно в положении сидя или полулежа в кресле. Однако в течение длительного времени они проводили зрительную и умственную работу. Космонавты рассказывали: во время работы они часто обнаруживали, что

изображения на экране монитора вдруг начинали расплываться, а потом исчезали, но стоило им потянуться и подвигаться (насколько это было возможно), изображения вновь появлялись, как на проявленной фотопластинке. Причиной этого явления было утомление, сочетавшееся с полным расслаблением мышц, которые не могли дать необходимой биоэлектрической подпитки работающему мозгу [56]. На последующих этапах развития космонавтики в режим жизнедеятельности были включены обязательные физические упражнения. Это позволяло решить не только проблему повышения работоспособности и нормализации сна космонавтов, но и проблему удержания кальция в организме, который утрачивался при длительной гиподинамии.

Двигательная активность в оптимальных дозах стимулирует синтез мозгом «гормонов счастья» – эндорфинов, которые вызывают положительные эмоции, тем самым способствуя гармонизации жизнедеятельности организма [55].

7. Терморегуляционная функция. Для сохранения параметров внутренней среды организма, в частности поддержания постоянной температуры, необходим непрерывный приток энергии в виде теплоты. В механизме внутренней теплопродукции организма мышечный компонент составляет значительную долю. Показано [12], что все превращения энергии в работающей мышце подчиняются первому закону термодинамики, согласно которому, всякий раз, когда расходуется некоторое количество энергии, должно вырабатываться точно такое же количество энергии. Когда мышца совершает работу W , она выделяет теплоту Q и теряет пропорциональное количество внутренней энергии. Этот процесс можно выразить уравнением

$$-\Delta E = -Q,$$

где $Q = -A' - Q_c + W \pm Q_p$, т. е. общий поток энергии в работающей мышце (процесс сокращения и расслабления) определяется так:

$$-\Delta E = -A' - Q_c + W \pm Q_p.$$

Здесь A' – теплота активизации; Q_c – теплота сокращения; W – совершенная мышечная работа; Q_p – теплота расслабления.

На ранней стадии сокращения, когда еще отсутствуют признаки развития напряжения или укорочения мышцы, быстро выделяется теплота активизации A' . Когда мышца начинает сокращаться и производить работу, происходит дальнейшее выделение теплоты – теплоты сокращения Q_c . Наконец, теплота расслабления Q_p будет

выделяться в процессе расслабления, главным образом, вследствие отсутствия работы. *Поддержанием температурного гомеостаза организма мы обязаны мышечной теплопродукции, которая получила название сократительного термогенеза.*

8. *Биоритмологическая функция двигательной активности.* Работа организма производится в определенных ритмах, которые называют биологическими, или биоритмами. Все биоритмы объединены в систему по принципу иерархичности (соподчиненности). В этой иерархии ведущими являются биоритмы центральной нервной системы (ритмы биотоков головного мозга); остальные биоритмы – ведомые. Установлено, что *ритмическая двигательная активность (бег, ходьба и др.) обладает способностью перестраивать ритмы биотоков мозга.* Об этом свидетельствуют электроэнцефалограммы (запись биотоков мозга) отделов коры больших полушарий, ответственных за регуляцию движений: при ритмической двигательной активности (бег) появляются так называемые меченые ритмы. При многократном повторении ритмических упражнений (систематических тренировках) меченые ритмы появляются по механизму «рефлекса на время»: они регистрируются на электроэнцефалограмме спортсмена в часы его тренировок, даже если последние в это время не происходят, т. е. в отсутствие соответствующей двигательной активности. Меченые ритмы появляются в соответствующей обстановке и при мысленном «проигрывании» этих упражнений. Перед выступлением на соревнованиях спортсмену полезно мысленно воспроизвести нужные физические упражнения: это запускает меченые ритмы, т. е. конкретную нервную программу действий, таким образом создавая условия готовности работы мозга в нужном направлении. Меченые ритмы могут быть выработаны как в микро-, так и в макроинтервалах времени.

Существуют закономерные связи между проявлением меченых ритмов и уровнем работоспособности и тренированности. При переутомлении и развитии невроза (в состоянии перетренированности) их выраженность резко уменьшается, но чем выше уровень тренированности, тем выше устойчивость меченых ритмов и тем более они выражены [56].

9. *Корректирующая функция двигательной активности.* Физические упражнения – весьма эффективное, доступное для всех средство совершенствования тела. *Систематическими физическими*

упражнениями достигается не только физическое совершенство, в узком смысле слова, но и устойчивая согласованность работы всех внутренних органов, а также происходит совершенствование функций нервной системы и психических процессов [16].

В качестве подтверждения этого положения рассмотрим такое свойство нервной системы, как подвижность возбуждения и торможения. Согласно учению И. П. Павлова, это свойство обуславливает в значительной степени весь комплекс нервных и психических свойств человека: темперамент, характер, умение направлять и переключать внимание, живость эмоционального реагирования, сообразительность, успеваемость в учебе, ловкость и быстроту физического реагирования на внезапно изменившуюся ситуацию, скорость адаптации организма к изменившимся условиям среды, легкость в общении с людьми, скорость и прочность формирования новых навыков, укрепление памяти.

У людей со сниженной подвижностью нервных процессов имеют место скованность, угловатость, замедленность восприятия, трудности общения, застенчивость, угрюмость, они вяло на все реагируют и, сознавая это, нередко страдают, а главное, недооценивают свои возможности, а значит, снижают их. Нерешительность – их типичная черта.

Развитию подвижности нервных процессов до необходимого уровня могут помочь мышцы, в частности их тренировка в напряжении и расслаблении (релаксации). Установлено, что систематическое чередование расслабления и напряжения тренирует подвижность нервных процессов. Такая тренировка имеет профилактическое и лечебное значение, особенно для людей инертных, с заторможенной инициативой, нерешительных, тревожно-нervных, склонных к длительным переживаниям. Подвижность нервных процессов хорошо развивают такие спортивные упражнения, как спринтерский бег, бег на коньках, в том числе роликовых, разнообразные прыжки, упражнения со скакалкой и особенно спортивные игры.

Таким образом, *физическая тренировка оказывает многостороннее влияние на организм. Она не только приводит к физическому совершенству, но и отражается на развитии нервных и психических процессов, иначе говоря, способствует гармоническому развитию личности и формированию его здоровья.*

10. Речеобразующая функция двигательной активности.

Активное состояние мышц не только стимулирует умственную работоспособность, но и обуславливает развитие речи. Ученые показали, что существует тесная связь речевой функции с двигательной активностью.

В первую очередь это касается тонко координированных движений пальцев рук. Активизирующее влияние двигательной активности пальцев на речевую функцию в раннем онтогенезе обеспечивается тем, что в коре больших полушарий центры регуляции движения кисти и речи функционально и морфологически тесно связаны (они находятся рядом) [56]. Эту врожденную предпосылку необходимо использовать, например, занимать детей играми, в которых необходима манипуляция с мелкими предметами: лепка фигурок и предметов из пластилина, игры с конструктором и т. д.

Таким образом, *двигательная активность кроме своей основной – моторной – функции, обеспечивающей взаимодействие организма с окружающей средой и его адаптацию, запускает и определяет множество ключевых процессов, оптимизирующих жизнедеятельность организма.*

Раскрывая универсальную роль двигательной активности в жизнедеятельности организма и утверждая представление о том, что это свойство обусловлено интеграцией многообразных ее функций, направленных на оптимизацию адаптации, *авторы не считают рассмотрение этого вопроса завершенным.*

7. БИОСОЦИАЛЬНАЯ СУЩНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА И ЭКОЛОГИИ – РЕАЛИЗАЦИЯ ВСЕЛЕНСКОГО ПРИНЦИПА ОПТИМИЗАЦИИ ЖИВЫХ СИСТЕМ

Термин «экология» в переводе с греческого – наука, изучающая единство организма с окружающей средой (*oikos* – окружающая среда, *logos* – понятие). В современном понимании экология – это окружающая среда. В этом значении экология включает в себя две составляющие: биологическую – природную данность (земное пространство) и социальную – приобретенную в эволюции данность (социальное пространство).

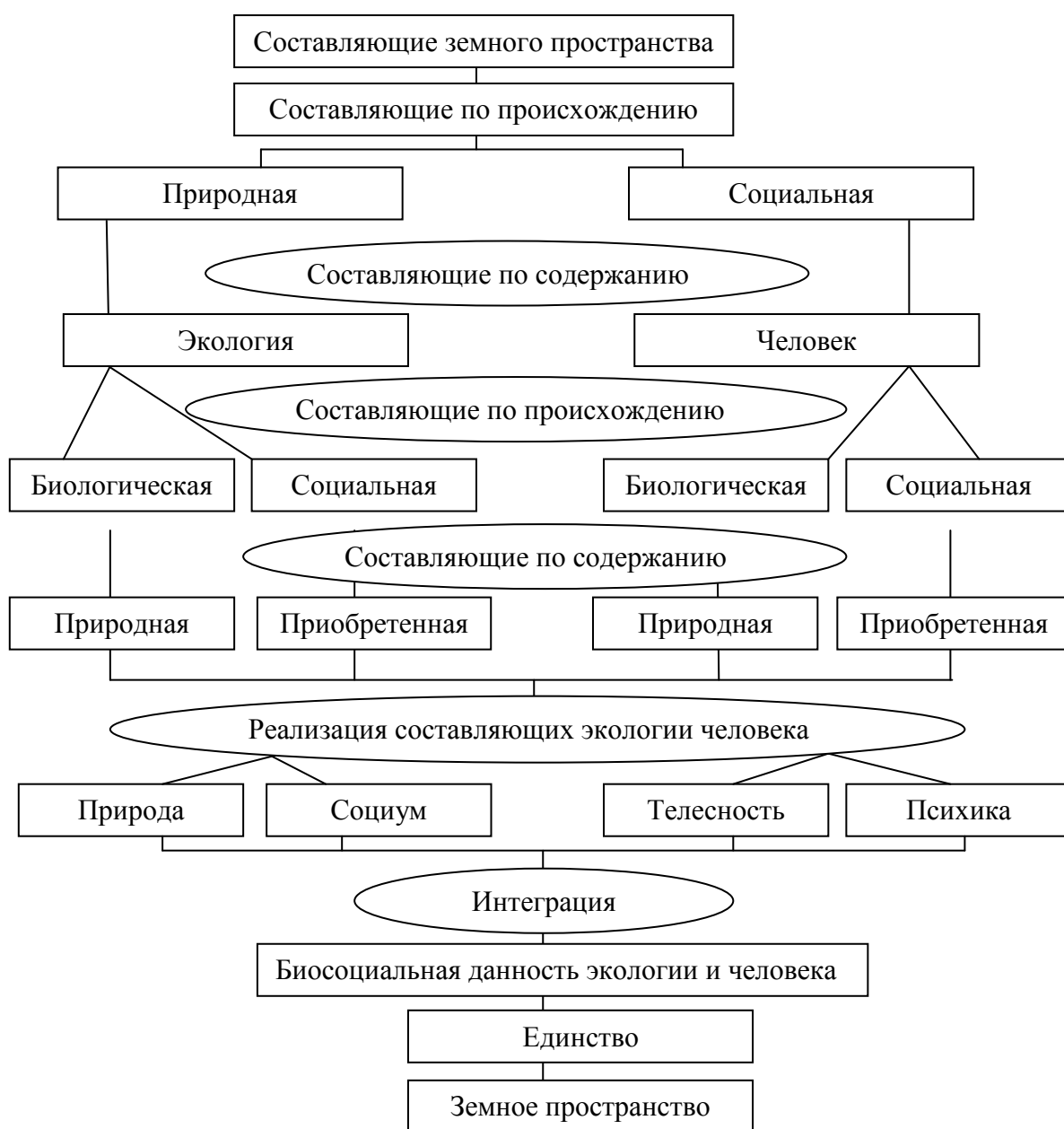


Рис. 18. Схема составляющих земного пространства

Что же касается человека, то он также имеет двойственную природу: природную – биологическую составляющую (телесность) и приобретенную – социальную составляющую (психику). Биосоциальная природа экологии и человека обусловлена длительным их взаимодействием в процессе эволюции. При этом на каждом этапе эволюции значимость биологической и социальной составляющей изменялась в соответствии с принципом диалектического единства двух противоположностей (рис. 18).

При рассмотрении динамики соотношения упомянутых составляющих в эволюции можно выделить четыре периода становления человека: первый период – «подготовка», второй период – «переход», третий период «*Homo sapiens*» (человек разумный) и четвертый период «*Homo valiens*» (человек здоровый).

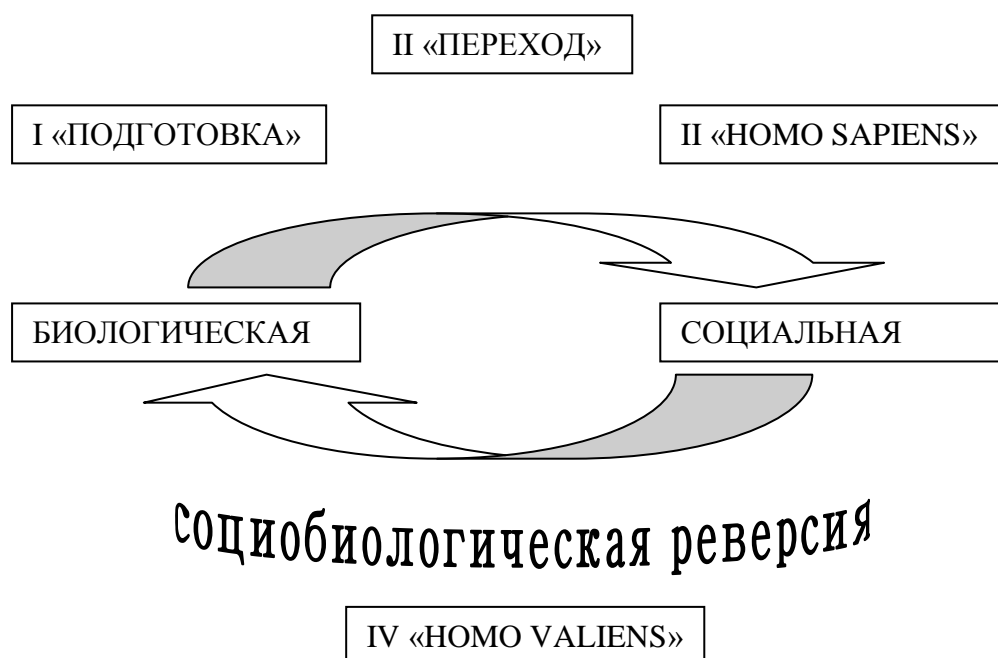


Рис. 19. Роль биологического и социального в эволюции человека на стадиях: «Подготовки», «Перехода», «*Homo sapiens*» и «*Homo valiens*»

Четвертый период рассматривается как этап культурной биологии, являющийся результатом качественного скачка эволюции, сущность которого заключается в следующем. Считается [31; 58], что на стадии доминирования *Homo sapiens* развитие социальной составляющей достигает критической точки, и она начинает влиять на биологическое, создавая новые формы. Воздействие психических факторов на морфологию обеспечило формирование биологического начала в новом качестве, источником которого становятся не наследственность, изменчивость и отбор по дарвиновскому закону, а обще-

ственно-исторические и морально-нравственные условия. Биологическое в результате длительной истории человечества синтезирует социальное, которое, достигнув определенной критической точки, начинает влиять на биологическое, создавая его новые формы. В результате современный этап эволюции получил название *Homo valiens* (человек здоровый) [58] (рис. 19).

На современном этапе большое значение приобретает духовно-нравственный аспект или духовность, которая является одной из основных социальных составляющих здоровья современного человека. Духовность в самой общей форме – это нравственно ориентированные проявления человека, как основание со-вести, со-участия и со-действия, как проявление духа. Духовное поведение доброжелательно. Оно определяется добродетелями личности.

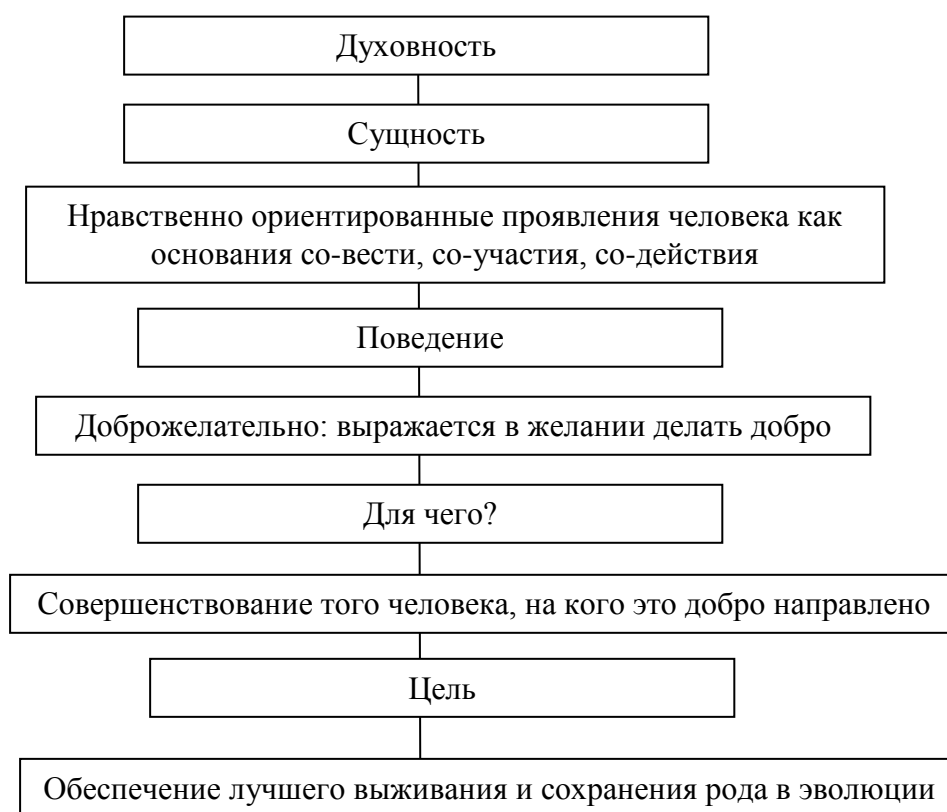


Рис. 20. Духовность и поведение

Добродетели – это качества, которые выражаются в желании делать добро, исходя из необходимости совершенствования того человека, на кого это добро направлено. Оно также проявляется в умении совершать добродетельные поступки, приносящие добро. Поэтому добродетель всегда нравственна. На рис. 20 представлена схема составляющих духовно-нравственного проявления человека.

Как известно, духовно-нравственные ориентации являются нематериальным продуктом деятельности мозга человека. Тем не менее, они имеют биологические основы. Научная сущность деятельности заключается в том, что мозг человека «сконструирован» в соответствии с нашими потребностями и интересами. Известно, что если потребности организма в рамках моральных требований удовлетворяются с большей вероятностью, то из этого может быть сделан логический вывод о соответствии нравственных норм социальной и биологической природе. Именно в нравственных нормах происходит интеграция лучшего, что достигнуто биологической и социальной эволюцией человека, поскольку существует несомненная связь между высшими моральными устремлениями человека и эмоционально закрепленным инстинктом [64]. В основе высших моральных качеств лежат проверенные в веках христианские ценности (честный труд, чистая любовь и дружба, патриотизм, немеркантильность, забота о ближнем, научный подвиг и т. п.), обусловившие прогресс социума. На рис. 21 представлена наглядная схема социально-биологических предпосылок духовности.



Рис. 21. Биосоциальные основы духовности и ее реализация

Согласно современным научным представлениям, существуют и экологические истоки нравственности. Это эволюционно сложившиеся принципы сосуществования человека и природы. Они подразумевают гармонию в отношениях сообществ людей с природными сообществами. В основе этой гармонии лежит осознание внутреннего единства человека и природы. Земная эволюция неизбежно приводит к новому состоянию, которое названо «сверхжизнью». В соответствии с концепцией В. И. Вернадского, для него характерно объединение разума и природы – это и есть ноосфера. Ноосфера – это не просто часть биосферы, это сфера разума, осознавшего не только свою природообразующую силу, но и свое соизмеряемое воздействие на природу с ее возможностями. Человек в ноосфере – не простой потребитель, но созидатель, преобразователь природы в рамках сохранения экологического равновесия. Вернадский утверждал, что ноосфера оказывает глобальное действие на эволюцию биологического мира (рис. 22).

Однако на современном этапе эволюции появилась опасность истощения и деформации природной (биологической) составляющей, т. е. экологической емкости [51], сущность которой заключается в том, что существование особей любого вида ограничено энергоресурсами территории их обитания. Самым крупным энергопотребителем является человечество: оно потребляет больше «экологической емкости», чем есть на самом деле, и загрязняет ее отходами, тем самым, создавая кризисную ситуацию планетарного масштаба.

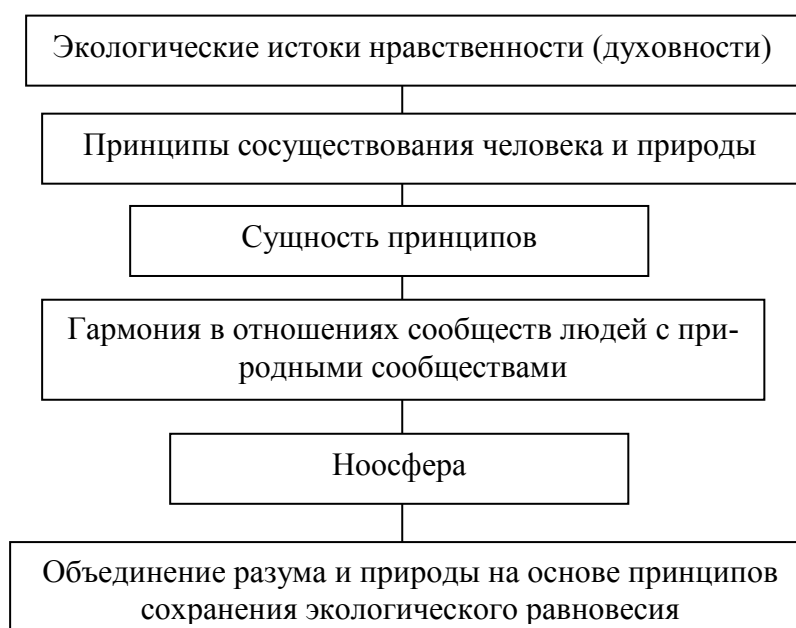


Рис. 22. Экология в становлении разума

Следует отметить, что подобная ситуация ограничения и истощения «экологической емкости» развивается и в сфере социума. Прогресс в этой сфере ограничен преобладанием потребления в противовес созиданию. Эта негативная тенденция усугубляется снижением уровня системы ценностей, деформацией и примитивизацией образа жизни, уходом в мир иллюзий. В этот период эволюции появилась опасность доминирования искаженной социальной составляющей в форме гламура [58], которая, надо полагать, является тупиковой ветвью становления человека в постиндустриальную эпоху. И вот почему: главной ценностью гламура является идея успеха, материальным выражением которого можно назвать гламурный образ жизни и *luxury*. Этот период социальной эволюции можно назвать периодом *Homo glamouricus* – периодом формирования современной «буржуазной элиты», которая является суррогатом интеллигенции.



Рис. 23. Гипотеза современной тенденции эволюции человека

Суррогатная элита порождает фальшивые ценности (успех любой ценой, меркантилизм, погоня за удовольствием, избыточное потребление, «любовь» по расчету, жизнь напоказ, ложный патриотизм и т. п.).

Однако настоящая эпоха характеризуется зарождением и другого – интеллектуального – вектора эволюции, в основе которого заложена идея продления жизни человека на несколько десятилетий и более путем самосовершенствования психики и телесности с помощью методов биотехнологии и компьютерных технологий, с целью достижения бессмертия. Об этом недавно заявил британский биогеронтолог Обри ди Грей (2009 г.).

Один из основателей российского трансгуманистического движения Данила Медведев (2009 г.) прогнозирует, что благодаря применению компьютерных технологий со временем появится новый вид – постчеловек, который будет умнее любого гения, его память будет совершеннее, а тело не будет подвержено болезням и старению. В ка-

кой-то момент станет трудно определить, где заканчивается человек и начинается компьютер.

А. Нариньяни (2009 г.) – гендиректор российского НИИ искусственного интеллекта – называет этот вид *eHomo*, т. е. «электронный человек», а другие ученые предпочитают называть его *Homo computerus*, и ему будут доступны все знания, накопленные человечеством.

Следовательно, на современном этапе эволюции ученые различают 4 разновидности *Homo*: *sapiens*, *valiens*, *glamuricus*, *computerus* (рис. 23). И их сосуществование в одной экологической нише трудно представить и прогнозировать. Можно лишь предположить, что, согласно всеобщему закону развития, это один из этапов эволюции человека – этап дифференциации, за которым неизбежно последует интеграция, итогом которой, возможно, будет появление человека единого вида в новом качестве, не свойственном ни одной современной разновидности популяции людей.

Заключение

Представленная в монографии концепция эволюции человека сформулирована с учетом современных представлений ученых о вселенских законах развития биологического и социального в их взаимосвязи и взаимообусловленности в глобальном масштабе. Нами сделана попытка рассмотреть их с позиций ключевого принципа оптимизации развития на основе процесса интеграции, кульминацией которого оказывается его материальное воплощение в виде биосоциального явления земного микрокосмоса – *Homo sapiens*.

Остается нерешенным вопрос: как сохранить гармоническое взаимодействие биологического и социального в человеке в современных условиях стремительной компьютеризации всех сфер его деятельности, приводящей к очевидной умственной и физической деградации *Homo sapiens*, уходу его в виртуальный мир и разгулу всепоглощающей агрессии в социуме планетарного масштаба?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адрианов О. С. О принципах организации интегративной деятельности мозга. М. : Медицина, 1976. 277 с.
2. Алещенко Г. М. Принцип оптимального разнообразия биосистем / Г. М. Алещенко, Е. Н. Букварева // Успехи современной биологии. 2005. Т. 125. № 4, С. 337–348.
3. Алещенко Г. М. Вариант объединения моделей разнообразия в биосистемах популяционного и биоценотонического уровней / Г. М. Алещенко, Е. Н. Букварева // Журн. общ. биол. 1994. Т. 55. № 1. С. 70–77.
4. Анохин П. К. Принципы системной организации функций. М. : Наука, 1973. 316 с.
5. Анохин П. К. Системные механизмы высшей нервной деятельности. М. : Наука, 1979. 473 с.
6. Аршавский И. А. Биологические и медицинские аспекты адаптации и стресса в свете физиологии онтогенеза / И. А. Аршавский // Актуальные вопросы современной физиологии. М. : Наука. 1976. С. 591.
7. Аршавский И. А. Основы возрастной периодизации / И. А. Аршавский // Возрастная физиология. Л., 1975. С. 5–67.
8. Асеев В. А. Экстремальные принципы в естествознании и их философское содержание. Л. : ЛГУ, 1977. 229 с.
9. Асратян Э. А. Очерки по высшей нервной деятельности. Ереван : изд-во АН Арм. ССР, 1977. 347 с.
10. Бабосов Е. М. социология управления: учеб. пособие для студентов вузов. 5-е изд. М. :ТетраСистемс, 2006. 288 с.
11. Ухтомский А. А. Собрание сочинений. Л. : ЛГУ, 1950. Т. 1 231 с.
12. Балла О. Сияние Homo glamorous и его свойства / О. Балла // Знание-сила, 2008. № 6. С. 97-102.
13. Бандал Дж. Мышцы, молекулы и движение. Л. : Мир, 1979. 157 с.
14. Бароненко В. А. Двигательная активность – ведущий универсальный фактор жизнедеятельности и биопрогресса / В. А. Бароненко // Валеология. М. : Валеология. 2003. № 1. С. 7–10.
15. Бароненко В. А. Достижение хорошей физической формы у лиц зрелого возраста с помощью комплексного метода физических упражнений с отягощением и сопротивлением / В. А. Бароненко,

О. В. Сапожникова // Вестник УГТУ-УПИ. Серия «Образование и воспитание. Экономика и управление физической культуры и спорта». Екатеринбург : УГТУ-УПИ. 2006. Вып. 6, Т. 1 (81). С. 155–163.

16. Бароненко В. А. Основы здорового образа жизни / В. А. Бароненко, В. Н. Люберцев, Л. А. Рапопорт. Екатеринбург, 2001. 407 с.

17. Бароненко В. А. Здоровье и физическая культура: учебное пособие / В. А. Бароненко, Л. А. Рапопорт // Издание 2-е, переработанное. М. : Альфа-М, ИНФРА-М, 2009. 336 с.

18. Бароненко В. А. Принципы оптимизации адаптивных систем. Уфа : БашГУ, 1991. 86 с.

19. Батуев А. С. Высшие интегративные системы мозга. Л. : Наука, 1983. 255 с.

20. Берг А. И. Кибернетика – наука об оптимальном управлении. М. : Наука, 1964.

21. Бернштейн Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М. : Медицина, 1966.

22. Большая российская энциклопедия. М. : изд-во Большая российская энциклопедия, 2003. С. 341–343.

23. Букварева Е. Н. Задача оптимизации взаимодействия человека и живой природы и стратегия сохранения биоразнообразия / Е. Н. Букварева, Г. М. Алещенко // Успехи современной биологии, 1991. Т. 2. № 6, С. 499–508.

24. Вернадский В. И. О науке. Научное творчество. Научная мысль. Дубна : Феникс, 1997. 576 с.

25. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. М. : Мир, 1968. 100 с.

26. Воронин Л. Г. Анализ пластических свойств центральной нервной системы. Тбилиси : Мицниереба, 1982. 299 с.

27. Воронин Л. Г. Физиология высшей нервной деятельности. М. : Высшая школа, 1979. 310 с.

28. Готт В. С. Диалектика развития понятийной формы мышления: монография / В. С. Готт, Ф. М. Землянский. М. : Высшая школа, 1981. 319 с.

29. Гринченко С. П. Иерархическая оптимизация – инструмент моделирования приспособительного поведения живых систем. Режим доступа: <http://www.ict.nsc.ru/ws/zuap2001/2259>.

30. Диалектика в науках о природе и человеке. М. : Наука, 1983.

31. Зубов В. И. Лекции по теории управления. М. : ЛГУ, 1975. 495 с.
32. Казначеев В. И. Проблемы человековедения / Под науч. ред. Академика ПНИ А. И. Суббото. Москва-Новосибирск, 1997.
33. Канторович Л. В. Биобиблиографический указатель / Ред. С. С. Кутателадзе // 2-е изд., перераб. и доп. Новосибирск : изд-во Института математики, 2012. 204 с.
34. Кедров Б. М. О повторяемости в процессе развития. М. : КомКнига, 2006. 152 с.
35. Кондрашова М. Н. Двигатель живого / М. Н. Кондрашова // Проблемы биоэнергетики. Серия «Биология». М. : Знание, 1985. № 12. С. 17–38.
36. Кондрашова М. Н. Накопление и использование янтарной кислоты в митохондриях / М. Н. Кондрашова // Митохондрии. М. : Наука, 1972. С. 151–170.
37. Конорски Ю. Интегративная деятельность мозга. М. : Мир, 1970. 416 с.
38. Костюк П. Г. О принципах нейрональной организации рабочих механизмов управления функциональной системой / П. Г. Костюк // Принципы системной организации функций. М. : Наука, 1973. С. 115–124.
39. Кравец А. С. Деятельностная парадигма смысла / А. С. Кравец // Вестник Воронежского государственного университета. Воронеж : ВГУ, 2003. № 1. С. 17–25.
40. Маркарян Э. С. О средствах оптимизации научно-интегративных процессов / Э. С. Маркарян // Вопросы философии. 1980. № 11. С. 112–211.
41. Маркс К. Соч. 2-ое изд. / К. Маркс, Ф. Энгельс. Т. 20.
42. Меерсон Ф. З. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. М. : Медицина, 1988. 276 с.
43. Меерсон Ф. З. О взаимосвязи физиологической функции и генетического аппарата клетки. М. : Медицина, 1963. 91 с.
44. Меерсон Ф. З. Сокращение и расслабление сердечной мышцы при адаптации к физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, В. И. Капелько, К. Пфайфер // Физиологический журнал СССР, 1976. № 5. С. 793–795.

45. Меерсон Ф. З. Сопряжение возбуждения с сокращением и расслаблением сердечной мышцы / Ф. З. Меерсон, А. М. Бергер. Ижевск : УдГУ, 1976. 91 с.
46. Меницкий Д. Н. Информация и проблемы высшей нервной деятельности / Д. Н. Меницкий, В. В. Трубачев. Л. : Медицина, 1974. 288 с.
47. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мак, И. Какахара. М. : Мир, 1973. 273 с.
48. Павлов И. П. Полное собрание сочинений. Л. : АН СССР, 1951. Т. 3. Кн. 1. 438 с.
49. Павлов И. П. Полное собрание сочинений. Л.: Наука, 1959. Т. 3. 684 с.
50. Павлыгина Р. А. Доминанта и ее значение в поведении животного / Р. А. Павлыгина // Успехи физиологических наук, 1982. Т. 13. № 2. С. 31–47.
51. Прессман Я. М. Суммационная реакция и условный рефлекс. М. : Наука, 1973. 158 с.
52. Розен Р. Принцип оптимальности в биологии. М. : АН СССР, 1956. 214 с.
53. Сеченов И. М. Избранные произведения. М. : АН СССР, 1959. 772 с.
54. Сеченов И. М. Рефлексы головного мозга / И. М. Сеченов // Избранные произведения. М.: АН СССР, 1952. Т. 1. С. 7–127.
55. Симонов П. В. Взаимодействие доминанты и условного рефлекса как функциональная единица организации поведения / П. В. Симонов // Успехи физиологических наук, 1983. Т. 14. № 3. С. 14–23.
56. Симонов П. В. Эмоциональный мозг. М. : Наука, 1981. 215 с.
57. Сологуб Е. Б. Электрическая активность мозга человека в процессе двигательной деятельности. Л. : Медицина. 1973. 245 с.
58. Судаков К. В. Системное квантовое поведение/ К. В. Судаков // Успехи физиологических наук. 1983. Т. 14. № 1. С. 3–26.
59. Татарникова Л. Г. Валеология в педагогическом пространстве. СПб., 1999. 168 с.
60. Турсунов А. Философия и современная космология. М. : Политиздат, 1977. 191 с.
61. Урсул А. Д. Отражение и информация. М. : Наука, 1973. 231 с.

62. Ухтомский А. А. Избранные труды. Л. : Наука, 1978. Т. 1. 358 с.
63. Ухтомский А. А. Собрание сочинений. Л. : ЛГУ, 1954. Т. 4. 428 с.
64. Фейнман Р. Характер физических законов. М. : АСТ, 2012. 423 с.
65. Фомин Н. А. Психофизиология здоровья. Челябинск, 1998. 392 с.
66. Шрейдер Ю. А. Вопросы философии. 1999, № 3. 191 с.
67. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. М. : Наука, 1967. Т. 4. 599 с.
68. Янг Л. Лекции по вариационному исчислению и теории оптимального управления. М. : Мир, 1974.
69. Byer C. O. Living Well: Health in Your Hands / C. O. Byer, L. W. Shainberg. San Antonio : Harper Collins Publishers, 1997. 368 p.
70. Conserving biodiversity: a research agenda for development agencies. Washington : Nat. Acad. press, 1992. 279 p.
71. Convention on biological diversity // Biol. Internat. 1992. № 25. P. 22.
72. Global biodiversity strategy. Policy-makers' guide. World Res. Inst., IUCN, UNEP, 1992. 35 p.
73. McNeely J. A. Conserving the world's biological diversity: a primer on principles and practice for development action / J. A. McNeely, K. R. Miller, W. V. Reid, R. Mittermeier // Gland: World Res Inst. World Wildlife Pund. 1989. 106 p.
74. Noss R. F. Conservat. Biot. 1990. V. 4. № 4. P. 355.
75. Rashevsky N. Mathematical biophysics / N. Rashevsky // Physicomathematical foundations of biology. N.Y., 1960. Vol. 2. P. 292.
76. Rashevsky N. Mathematical principles in biology and their applications / N. Rashevsky // Springfield, 1961. V. 2. P. 253.
77. Reid W. V. Keeping options alive. The scientific basis for conserving biodiversity / W. V. Reid, K. R. Miller // World Res. Inst., 1989. 197 p.
78. Roughgarden J. Amer. Naturalist. 1972. V. 106. № 952. P. 683.
79. Technologies to maintain biological diversity. Washington: U.S. Gov. print. office, 1987. 330 p.

Список тематических вопросов для научных семинаров

I. Принципы оптимизации:

1. Определение понятий «оптимизация» и «оптимальность».
2. Истоки понятия «оптимальность»: где и когда возникло представление о принципе оптимальности?
3. Принцип оптимальности или экономии в технике.
4. Принцип оптимальности в физике.
5. Принцип оптимальности в кибернетике.
6. Принцип оптимальности в биологии:
 - a. N. Rashevsky об оптимальности конструкции организма высокоорганизованных (животных, человека);
 - b. Р. Розен об оптимальности функции;
 - c. В. А. Асеев об адаптивном (оптимальном) поведении.
7. Принцип оптимальности и интегративность.

II. Интегративность – ключевой принцип оптимизации развития природы и общества:

1. Разные подходы к интерпретации интегративных процессов в науке и обществе.
2. Представление о всеобщей связи явлений и материальном единстве мира вне зависимости от человеческого сознания и деятельности.
3. Как отражаются интегративные процессы на результатах познавательной деятельности в виде открытия законов природы и общества?
4. Почему интегративность является ключевым принципом оптимизации развития природы и общества?

III. Принцип интегративности в организации и развитии научного знания:

1. Место и роль принципа интегративности в эволюции научного знания:
 - a. Экспансионистская интеграция;
 - b. Генерализующая интеграция;
 - c. Экстенсивная интеграция;
 - d. Комплементарная интеграция;
 - e. Структурная интеграция;

- f. Методологическая интеграция;
 - g. Концептуальная интеграция;
 - h. Метанаучная интеграция;
 - i. Комплесирующая интеграция;
 - j. Социокультурная интеграция;
 - k. Менеджментная интеграция.
2. Общие представления об эволюции структуры науки.
 3. Основные тенденции в эволюции научного познания и классификации наук по Б. М. Кедрову:
 - a. От координации наук к их субординации;
 - b. От субъективности к объективности в обосновании связи наук;
 - c. От изолированности наук к междисциплинарности;
 - d. От однолинейности к разветвленности в изображении системы наук.
 4. Основные тенденции научного познания и классификация наук в настоящем и будущем по Б. М. Кедрову:
 - a. От замкнутости наук к их взаимодействию;
 - b. От одноаспектности к их комплексности;
 - c. От сепаратизма к глобальности в научном развитии;
 - d. От функциональности к субстратности;
 - e. От множественности наук к единой науке;
 - f. Наглядная схема основных тенденций в эволюции наук по Б. М. Кедрову.

IV. Принцип интегративности в организации умственной деятельности (биологический аспект)

1. Интеграция в биологии.
2. Принцип конвергенции.
3. Принцип суммации.
4. Принцип доминанты.
5. Принцип временной связи по И. П. Павлову.
6. Принцип функциональной системы по П. К. Анохину.

V. Фактор оптимизации

1. Эмоции и их роль в оптимизации поведения
2. Функции эмоций

3. Теория потребностно-информационной организации интегративной деятельности деятельности мозга, сформулированная академиком П. В. Симоновым.

VI. Двигательная активность (ДА) – ведущий универсальный фактор оптимизации жизнедеятельности и биопрогресса:

1. Общее представление о ДА и ее универсальной и ведущей роли в оптимизации жизнедеятельности организма.
2. Механизм и особенности моторной функции ДА.
3. Побудительная функция ДА и ее генетическая обусловленность.
4. Теория И. А. Аршавского о ведущей творческой роли ДА с момента зарождения до конца жизни.
5. Биохимический механизм творческой и развивающей функций ДА по М. Н. Кондрашовой.
6. Тренирующая функция ДА. Биохимические, функциональные и структурные механизмы адаптации к физической нагрузке по Ф. З. Меерсону.
7. Защитная функция ДА. Механизмы адаптации к физическим нагрузкам.
8. Стимулирующая функция ДА.
9. Терморегуляционная функция ДА заключается в поддержании постоянства внутренней среды с помощью сохранительного термогенеза. Механизм термогенеза.
10. Биоритмологическая функция ДА.
11. Механизмы корректирующей функции физической культуры.
12. Речеобразующая функция ДА. Влияние кисти рук на речевую функцию.

VII. Биосоциальная сущность человека и экологии в реализации Вселенского принципа оптимизации живых систем:

1. Определение понятия «экология» и его составляющих.
2. Роль биологического и социального в эволюции человека на стадии *Homo valiens*.
3. Концепция Л. Г. Татарниковой о четырех стадиях эволюции человека.
4. Авторская гипотеза современных тенденций эволюции *Homo sapiens*.

Научное издание

**Бароненко Валентина Александровна
Белоусова Светлана Ивановна**

**ПРИНЦИПЫ И ФАКТОРЫ ОПТИМИЗАЦИИ
АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ**

Редактор *В. О. Корионова*
Компьютерная верстка *С. И. Белоусовой*

Подписано в печать 11.03.2014. Формат 60×90/16.
Бумага писчая. Плоская печать. Усл. печ. л. 7,5.
Уч.-изд. л. 7,0. Тираж 51 экз. Заказ № 500

Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5
Тел.: 8(343) 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620075, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: 8(343) 350-56-64, 350-90-13
Факс: 8(343) 358-93-06
E-mail: press-urfu@mail.ru